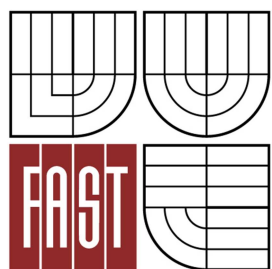




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

VYUŽITÍ CIVIL 3D PŘI ÚPRAVÁCH TOKU

APPLICATION OF CIVIL 3D TO RIVER REGULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DALIBOR RAJNOCH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.

BRNO 2013




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

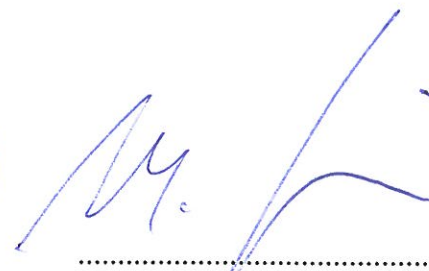
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Dalibor Rajnoch
Název	Využití Civil 3D při úpravách toku
Vedoucí bakalářské práce	Ing. David Duchan
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012


.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Literatura:

Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Studijní opora "Proudění v systémech říčních koryt" a "Projekt vodní stavby".

Podklady:

Digitální model terénu ve formě bodů a vrstevnic.

Návody na Civil3D v digitální podobě.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Cílem práce je na vybrané lokalitě toku provést úpravu toku tak, aby došlo ke zkapacitnění koryta a ke zpevnění namáhaných částí břehů a dna. K vypracování bude využit software Civil 3D a bude ověřena využitelnost programu pro úpravu toků.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. David Duchan
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se věnovala posouzení a úpravě toku Moravská Dyje v úseku mezi 263,69 km a 265,13 km. Úprava a posouzení bylo provedeno v programu Autocad CIVIL 3D a výpočtová část práce pomocí programu HEC-RAS. Zhodnotil se současný stav a poté se provedl návrh protipovodňového opatření na Q100-letou vodu. Na závěr byla zhodnocena vhodnost programu CIVIL 3D na provádění úprav toků.

Klíčová slova

úprava toku, Civil 3D, digitální model terénu, HEC-RAS, protipovodňová ochrana

Abstract

The goal with this bachelor thesis is to review and modify the watercourse of Moravská Dyje river, in the part from 263,69 to 265,13 km. The modification and revision was made in the Autocad CIVIL 3D program, the computation part in the HEC-RAS program. First, the current situation was evaluated, then a plan of anti-flooding measure for Q100-years water was designed. Finally, the suitability of the Autocad CIVIL 3D program in connection with making river regulations was evaluated.

Keywords

river regulation, Civil 3D, digital surface model, HEC-RAS, flood protection

Bibliografická citace VŠKP

RAJNOCH, Dalibor. *Využití Civil 3D při úpravách toku*. Brno, 43s, 14s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. David Duchan Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5. 2013

.....

podpis autora
Dalibor Rajnoch

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Davidu Duchanovi Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce za odborné vedení, vstřícný přístup, praktické rady a připomínky a za jeho pomoc a čas při řešení této práce.

OBSAH:

1. ÚVOD	3
2. POZNATKY VE SVĚTĚ	4
3. TEORIE	5
3.1 Jednorozměrné ustálené proudění	5
3.1.1 Ustálené rovnoměrné proudění	5
3.1.2 Ustálené nerovnoměrné proudění	7
4. POUŽITÉ SOFTWARE PROSTŘEDKY	11
4.1 Popis programu HEC-RAS	11
4.2 Popis programu Autocad CIVIL 3D	12
5. POPIS LOKALITY	14
5.1 Popis upravovaného úseku	14
6. POPIS POTŘEBNÝCH DAT	15
6.1 Vstupní data	15
6.1.1 Data pro tvorbu DMT	15
6.1.2 Hydrologická, Hydraulická data	15
6.1.3 Data DIBAVOD	16
7. POPIS POSTUPU PRÁCE	17
7.1 Postup práce	18
7.1.1 Postup vytvoření DMT	18
7.1.2 Postup připojení WMS serverů	18
7.1.3 Postup připojení souboru .SHP	19
7.1.4 Postup vytvoření trasy toku	19
7.1.5 Postup vytvoření příčných profilů	20
7.1.6 Export z programu Autocad CIVIL 3D	20
7.1.7 Import do programu HEC-RAS	21
7.1.8 Postup práce v programu HEC-RAS	21
7.1.9 Export z programu HEC-RAS	22
7.1.10 Import do programu Autocad CIVIL 3D	23
7.1.11 Vytvoření povrchu hladin	23
7.1.12 Vytvoření zobrazení příčných řezů	24
7.1.13 Vytvoření zobrazení podélného profilu	25
7.1.14 Vytvoření šablony typických řezů	26
7.1.15 Vytvoření koridoru	27
7.1.16 Vytvoření povrchu z koridoru a propojení dvou povrchů	27
8. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	28
8.1 Posouzení kapacity současného koryta	29
8.2 Hodnoty součinitele drsnosti n v jednotlivých profilech	33
8.3 Stanovení rozlivů	34

8.4 Návrh úpravy	35
8.4.1 Prohloubení koryta	35
8.4.2 Ochranná zemní hráz	36
9. ZHODNOCENÍ PROGRAMU AUTOCAD CIVIL 3D	37
10. ZÁVĚR	39
11. POUŽITÁ LITERATURA	40
12. INTERNETOVÉ ZDROJE	41
12. SEZNAM TABULEK	42
13. SEZNAM OBRÁZKŮ	43
14. SEZNAM PŘÍLOH	44

1. ÚVOD

Z důvodu častých povodní v minulých letech a velkým škodám na majetku v okolí toku se začalo přistupovat k úpravám vodních toku, jejich zkapacitnění, zpevňování břehů a dalším podobným úpravám. Tyto úpravy mají sloužit k vytvoření takových podmínek v toku, aby při povodních nedocházelo k vylití vody z toku a tím pádem škodám na majetku a ohrožení lidských životů. Dále slouží k udržení koryta v daném profilu, tak aby nedocházelo k měnění těchto profilů a nežádanému vývoji toku.

V této práci bude posouzena stávající kapacita toku Moravská Dyje v úseku, který se nachází poblíž obce Modletice o délce přibližně 1,4 km. Následně bude proveden návrh ochranné protipovodňové zemní hráze na 100-letou vodu. V rámci zpracování budou použity programy Autocad CIVIL 3D a pro výpočtovou část program HEC-RAS. Na závěr bude provedeno zhodnocení vhodnosti programu Autocad CIVIL 3D pro použití při úpravách toku. Budou vypsány klady a zápory práce s tímto programem a uvedeny případné změny, které by práci usnadnily. Výsledky této práce jsou prvním krokem pro další úpravu toku, který poté mohou sloužit pro následné analýzy prováděné na tomto úseku.

2. POZNATKY VE SVĚTĚ

Pro tvorbu digitálního modelu terénu se ve světě nejčastěji používají programy jako např. Atlas DMT, GRASS GIS, ArcGIS. Program Autocad CIVIL 3D se pomalu začíná dostávat do podvědomí uživatelů a začíná se pro tvorbu digitálního modelu terénu také používat.

Používaných programů pro výpočet proudění v otevřených korytech je celá řada. Dělíme je na: 1D modely, 2D modely a 3D modely. V současné době jsou nejpoužívanější modely 1D, jejich výhodou je malá náročnost přípravy vstupů a menší potřeba výpočetního času. Používání 2D modelů je náročnější na potřebu výpočetního času a širšímu použití brání hlavně časová a finanční náročnost přípravy vstupů, sestavení modelu a jeho kalibrace.

Z těchto důvodů se přistupuje k zavádění nových metod. Jednou z možností je použití metod 1,5D nebo 1D+, jejich výhodou je schopnost uvažovat jevy, které probíhají ve směru kolmo na osu toku. Náročnost na vstupní data se zvyšuje o nutnost digitálního modelu terénu pro oblast, kde bude počítán rozliv 2D modelem, výpočetní náročnost stoupá jen minimálně.

Příklady používaných modelů proudění vody

1D model proudění

HEC-RAS	US Army Corps of Engineers, USA
HYDROCHECK	Hydrosoft Veleslavín, Czech republic
MIKE 11	DHI Group, Denmark

2D model proudění

InfoWorks ICM	Innovyze, USA
FESWMS	Finite Element Surface Water Modeling System – FHWA, USA
MIKE 21	DHI Group, Denmark

3D model proudění

MIKE 3	DHI Group, Denmark
CFD	Computational Fluid Dynamics, USA

V bakalářské práci byl využit program Autocad CIVIL 3D, z důvodu zhodnocení jeho vhodnosti pro projektování vodohospodářských staveb. A pro výpočtovou část byl použit program HEC-RAS. Program HEC-RAS je ve světě hojně používaný modelování proudění vody v obecných korytech. Tyto dva programy byly zvoleny i kvůli jejich vzájemnému propojení, které mezi nimi umožňuje vzájemný import a export.

3. TEORIE

Proudění v otevřených korytech je možné počítat jednorozměrně. Jednorozměrné proudění o volné hladině se rozděluje na dva základní typy:

Ustálené proudění – proudění, kde hydraulické veličiny (průtok, průřezová rychlost, průtočná plocha) jsou v čase neměnné, ale závislé na poloze.

Neustálené proudění – proudění, u kterého jsou hydraulické veličiny v čase proměnné, jsou funkcí času a polohy. [2]

3.1 Jednorozměrné ustálené proudění o volné hladině

Ustálené proudění se rozděluje na dva typy:

3.1.1 Nerovnoměrné proudění

Vzniká v přirozených říčních korytech, kde průtok a hydraulické charakteristiky jsou v čase neměnné, ale po délce proudění se mění.

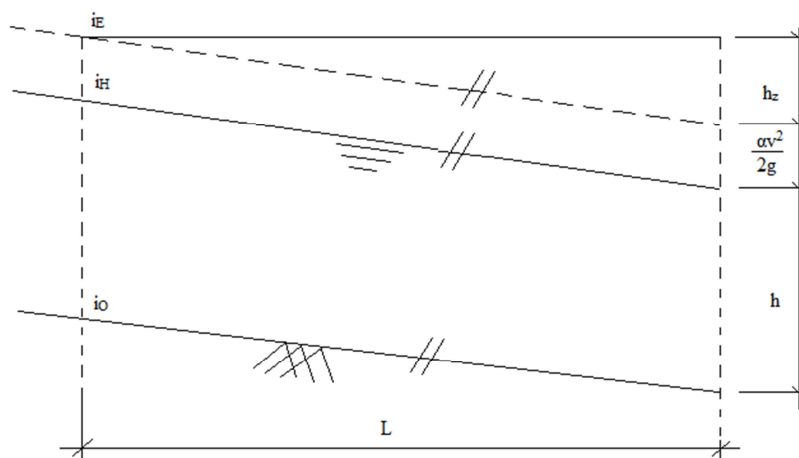
3.1.2 Rovnoměrné proudění

Vzniká pouze v případě pravidelného tvaru průtočného profilu ve všech profilech úseku a konstantního sklonu dna.

3.1.1 Ustálené rovnoměrné proudění

Rovnoměrné proudění je zvláštním případem ustáleného proudění, vyskytuje se pouze v umělých kanálech s neměnným charakterem koryta, neměnného odporu a konstantního sklonu dna i_o , rovněž průtok Q , průtočný průřez S a průřezová rychlost v jsou konstantní.

Při uvedených podmínkách je sklon dna i_o totožný se sklonem čáry energie i_E i sklonem hladiny i_h (viz. Obr. 3.1)



Obr. 3.1. Ustálené rovnoměrné proudění

Výpočet ustáleného rovnoměrného proudění:

Při řešení proudění se předpokládá, že sklon dna je tak malý, že délku proudu lze nahradit délkou jeho průmětu do vodorovné roviny a skutečné průtočné průřezy nahradit svislými řezy. Výpočet průtoku se řeší rovnicí spojitosti

$$Q = S \cdot v, \quad (3.1)$$

kde Q je průtok (m^3/s), S průtočný průřez (m^2) a v průřezová rychlost (m/s).

Průřezová rychlost se vypočte z Chézyho rovnice

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (3.2)$$

kde C je rychlostní součinitel ($\text{m}^{0.5}/\text{s}$), R hydraulický poloměr (m) a i sklon čáry energie.

Hydraulický poloměr se vypočítá

$$R = \frac{S}{O}, \quad (3.3)$$

kde S je průtočný průřez (m^2) a O omočený obvod (m), který je v průtočném průřezu délkou styku kapaliny s pevnými stěnami (vedení proudu bez délky volné hladiny). [2]

Rychlostní součinitel C není konstantní. Závisí hlavně na tvaru průtočného průřezu, drsnosti stěn a výjimečně i na sklonu. Existuje spousta empirických vztahů získaných především z vyhodnocení měření v přírodě a na modelech. Nejčastěji používané vztahy jsou podle Pavlovského a Maninga.

Podle Pavlovského

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y \quad y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) \quad (3.4)$$

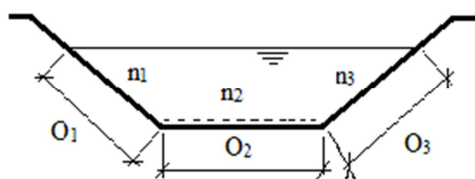
kde n je drsnostní součinitel (dle druhu povrchu) a R hydraulický poloměr (m).

Vztah Maningův je podobný vztahu Pavlovskému, pouze exponent y je nahrazen střední hodnotou $y=1/6$

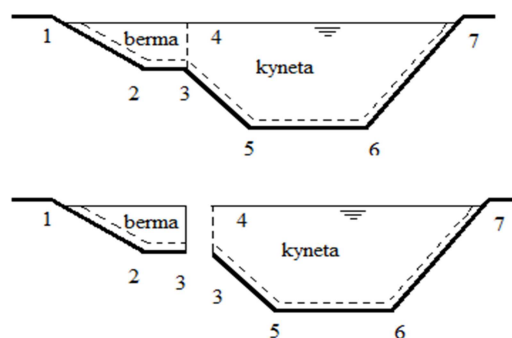
$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (3.5)$$

Je-li omočený obvod koryta složen z několika částí s různými drsnostmi (Obr. 3.2), lze výsledný drsnostní součinitel n určit jako vážený průměr.

$$n = \frac{n_1 \cdot O_1 + n_2 \cdot O_2 + n_3 \cdot O_3}{O_1 + O_2 + O_3} = \frac{\sum_{i=1}^K n_i \cdot O_i}{\sum_{i=1}^K O_i}, \quad (3.6)$$



Obr. 3.2 Profily o různých drsnostech



Obr. 3.3 Složené profily

Profily, které mají hlubší a mělčí části (Obr. 3.3) nazýváme složené profily. V těchto vzájemně velmi odlišných částech protéká voda různými rychlostmi, a proto při výpočtu dělíme profil na hlubší kynetu a mělčí bermu. Průtoky v těchto částech počítáme zvlášť, čímž dostáváme přesnější výsledky. Výsledný průtok se získá sečtením průtoků v kynetě a bermě.

$$Q = Q_{\text{kyneta}} + Q_{\text{berma}} \quad (3.6)$$

Na hranicích obou částí vznikají následkem relativního rozdílu rychlostí v jednotlivých částech koryta víry se svislou osou, které pohyb brzdí. Je proto zvykem počítat délku hraniční svislice 43 do omočeného obvodu kynety (Obr. 3.3), tedy :

$$Q_{\text{kyneta}} = \overline{4 \ 3 \ 5 \ 6 \ 7} \quad Q_{\text{berma}} = \overline{1 \ 2 \ 3}$$

Pravidlem je, že se svislice započítávají jen jednou do omočeného obvodu, a to zpravidla do části koryta s větší hloubkou, této svislici je přidělena náhradní drsnost a to přibližně ($n = 0,01-0,02$). [2]

3.1.2 Ustálené nerovnoměrné proudění

Následující text vychází z [3].

Ustálené nerovnoměrné proudění je proudění, kde je průtok v čase neměnný a hydraulické charakteristiky jsou nezávislé na čase, ale mění se po délce. Proudění nastává, když není v korytě rovnováha mezi hnací silou a odpory. Nerovnováha je obvyklá u přirozených koryt, ale může vzniknout i u pravidelných přirozených koryt vložím umělých překážek (jezy, mostní pilíře atd.). Další příčinou může být i změna sklonu dna nebo drsnosti. Při pohybu vody dochází ke ztrátám mechanické energie v důsledku tření o stěny a o jednotlivá proudová vlákna (**ztráty třením**) a změnou průtočných průřezů (**ztráty místní**).

Když se do pohybu vody dostane překážka, hladina vody vytvoří v podélném profilu křivku vzduť (sklon hladiny je menší než sklon dna) a proti proudu se blíží k původní hladině h_o . Pokud v některém místě bude hloubka menší, než h_o , hladina vytvoří křivku snížení a ve směru proti proudu splyne s původní hladinou. [3]

Výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění

K řešení se používají dva základní principy:

řešení přímou integrací – základ řešení je diferenciální rovnice,

postupným řešením – řešení přibližné (metoda po úsecích)

Nejstarší metodu řešení popsal Bachmětěv, z ní vychází i další metody. Tato metoda je omezena použitím jen pro prizmatická koryta s kladným sklonem dna. Bachmětěv vychází z diferenciální rovnice (3.10) a zavádí do výpočtu exponent koryta vyjadřující tvar koryta včetně drsnostních poměrů.

Nejpoužívanější metodou postupným řešením je metoda po úsecích. Tato metoda se může použít u prizmatických i u přirozených koryt, vychází také z Bernoulliho rovnice.

Metoda je založena na dvou způsobech výpočtu, postupném hledání druhé hloubky na zvoleném úseku ΔL a nebo, postupném hledání délky úseku ΔL při zvolené druhé hloubce.

Řešení přímou integrací

Obecná diferenciální rovnice nerovnoměrného plynule se měnícího proudění

Vyšetřuje úsek o délce dL . Úsek je omezen průřezy 1 a 2, sklon dna je i_0 .

Vychází z Bernoulliho rovnice. [5]

$$h_1 + i_0 \cdot dL + \frac{p_0}{\rho_0} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_0}{\rho_0 \cdot g} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + dh_z, \quad (3.7)$$

$$i_0 \cdot dL - (h_2 - h_1) = \frac{\alpha \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{2 \cdot g} + dh_z \quad (3.8)$$

Po úpravě

$$i_0 - \frac{dh}{dL} = \frac{\alpha}{2 \cdot g} \cdot \frac{d(v^2)}{dL} + \frac{dh_z}{dL} \quad (3.9)$$

Po dosazení a úpravách

$$\frac{dh}{dL} = \frac{i_0 \frac{Q^2}{C^2 \cdot S^2 \cdot R} \left(1 - \frac{\alpha \cdot C^2 \cdot R}{gS} \frac{dS}{db} \frac{db}{dL}\right)}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{S^3}} \quad (3.10)$$

Rovnice (3.10) je základní diferenciální rovnice nerovnoměrného plynule se měnícího proudění v otevřených korytech obecného tvaru.

Metoda po úsecích

Koryto se rozdělí na úseky o délce ΔL a předpokládá se, že průtočné profily se mění spojitě z hodnot S_1 , v_1 v horním a S_2 , v_2 v dolním profilu. Mezi profily je průměrný sklon dna i_0 a celková ztrátová výška h_z . Pak řešení vyplývá z Bernoulliho rovnice

$$i_0 \cdot \Delta L + h_1 + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + h_z \quad (3.11)$$

bude-li rozdíl hladin

$$\Delta h = i_0 \cdot \Delta L + h_1 - h_2 \quad (3.12)$$

poté po dosazení a úpravě rovnice platí

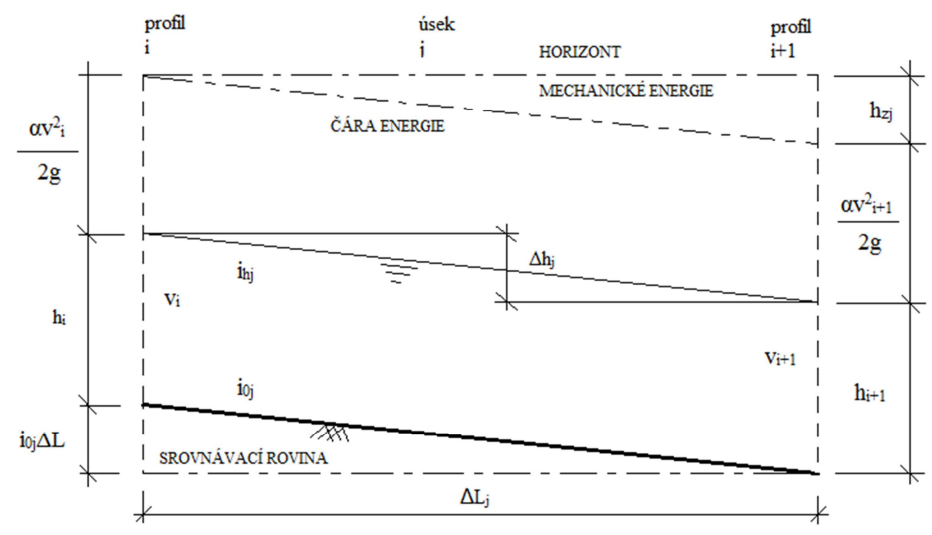
$$\Delta h = \frac{\alpha \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{2 \cdot g} + h_z \quad (3.13)$$

Kde α je součinitel kinetické energie (Coriolisovo číslo), g tíhové zrychlení a h_z ztrátová výška.

Směr postupu výpočtu závisí na režimu proudění. Vychází se z okrajové podmínky, většinou z kritické hloubky:

při **říčním** proudění se postupuje ve směru **proti proudu**, a platí, že znaménko „+“ je pro řešení křivky vzduť a „-“ je pro řešení křivky snížení;

při **bystřinném** proudění se postupuje ve **směru proudu**, a platí, že znaménko „-“ je pro řešení křivky vzduť a „+“ je pro řešení křivky snížení. [2]



Obr. 3.4 Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění

Stanovení součinitele ztrát místních

Při pohybu vody korytem toku dochází při změně průtočného profilu ke ztrátám mechanické energie. Tyto ztráty většinou způsobuje zúžení nebo rozšíření koryta na volném úseku. Přibližné hodnoty pro různé stavy jsou uvedeny níže.

Součinitel ztráty místní, změnou průřezu:

pozvolné zúžení koryta: $\zeta = 0,0-0,1$

pozvolné rozšíření koryta: $\zeta = 0,2-1,0$

náhlé rozšíření, zúžení: $\zeta = 0,5-1,0$

Stanovení součinitele ztrát třením

Součinitel ztrát třením se nejčastěji stanovuje pomocí Manningova součinitele drsnosti n . Na přesném určení tohoto součinitele výrazně závisí přesnost celého výpočtu. Přesná metoda stanovení součinitele zatím neexistuje a tak záleží na znalostech místních poměrů, zkušenosti a úsudku projektanta. Součinitel drsnosti se dá stanovit na základě tabulek (viz. Tab. 3.1), grafů, empirických vzorců, měření v laboratoři nebo v terénu a nebo srovnáním lokality s fotografiemi v katalogích drsnosti.

Tab. 3.1 Ukázka tabulky pro stanovení Manningova drnostního součinitele n .

Přirozené vodní toky	n (min)	n (střed)	n (max)
I. Malé toky se šířkou hladiny při velké vodě < 30m			
1. Rovinné toky			
a) čisté, přímé, zaplněný profil bez peřejí a tůní	0,025	0,030	0,033
b) totéž, ale s přítomností kamenů a plevel	0,030	0,035	0,040
c) zakřivená trasa, čisté koryto s tůněmi a peřejemi	0,033	0,040	0,045
d) se zákruty, tůněmi a brody, větší množství balvanů	0,045	0,050	0,060
e) bahnité úseky, hluboké tůně, plevel	0,050	0,070	0,080
2. Horské toky bez vegetace v korytě, břehy strmé, stromy a keře na březích zaplaven při vysokém vodním stavu	0,030	0,045	0,070
II. Velké vodní toky, šířka hladiny při povodni > 30m	0,025		0,060
1. Pravidelný profil bez balvanů a keřů	0,030		0,100
2. Nepravidelný a drsný profil			

4. POUŽITÉ SOFTWARE PROSTŘEDKY

Na vytvoření digitálního modelu terénu a vypracování výkresové dokumentace byl použit program Autocad CIVIL 3D a na výpočtovou část program HEC-RAS 4.1 (Hydrologic Engineering Centres River System)

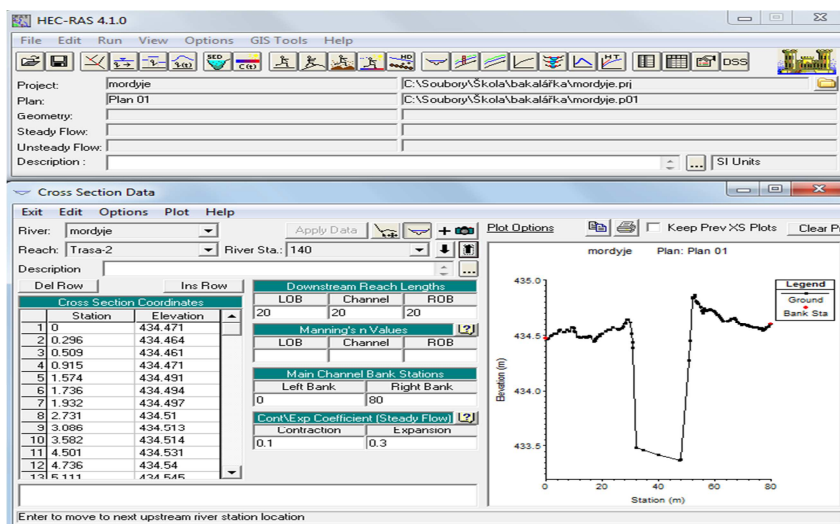
4.1 Popis programu HEC-RAS

Program HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers Analysis System) verze 4.1 vyvíjí společnost USACE (U.S. Army Corps of Engineers) už od poloviny šedesátých let. Tato společnost vyvíjí současně několik verzí pro různé účely použití. Program je volně stažitelný na internetových stránkách společnosti USACE <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

Programový systém HEC-RAS obsahuje 1D model nerovnoměrného proudění v otevřených korytech HEC2 a 1D model neustáleného proudění říčními koryty UNET.

Softwarová část RAS, která je použita v této práci, se zabývá komplexním modelováním proudění vody v obecných korytech. Program řeší ustálený i neustálený režim nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, quasi neustálený režim proudění s transportem splavenin nebo šíření znečištění, teploty a změn jakosti vody v toku.

Software umožňuje interaktivní práci, obsahuje moduly obsluhy datové báze, vizualizace vstupních dat i výsledků a modul hydraulické analýzy. Důležitou součástí je možnost zadávání a výpočtů příčných i podélných objektů na toku. Je schopen do jisté míry matematické simulace říčního systému. Tento program se standardně používá pro posouzení, plánování a návrh protipovodňové ochrany na toku. V rámci produktů, které jsou založeny na principu HEC, je možné použít výstupy a výsledky jako vstupy do dalších programů. [4]



Obr 4.1 Pracovní prostředí programu HEC-RAS

4.2 Popis programu Autocad CIVIL 3D

Aplikace AutoCAD Civil 3D je produkt firmy Autodesk založený na klasickém Autocadu, slouží jako nástroj pro tvorbu a návrh projektové dokumentace inženýrských staveb. Je vytvořen pro stavební inženýry, projektanty a techniky pracující především v oblasti dopravní infrastruktury, liniových a plošných staveb, ale i územního rozvoje a vodohospodářských projektů.

AutoCAD Civil 3D umožňuje tvorbu a správu objektů, import/export terénních měření z totálních stanic, práci se seznamy souřadnic, tvorbu a aktualizaci 3D modelů terénu a analýzy nad modely terénu, návrh směrových a výškových řešení a vzorových příčných řezů, modelování koridorů, automatickou tvorbu příčných a podélných profilů, výpočty kubatur zeminy, práci s parcelami, vizualizaci, a taky jej lze spustit jako klasický AutoCAD se všemi jeho standartními funkcemi. Pracovní prostředí CIVILU 3D je podobné prostředí klasického Autocadu (viz. Obr. 4.2)

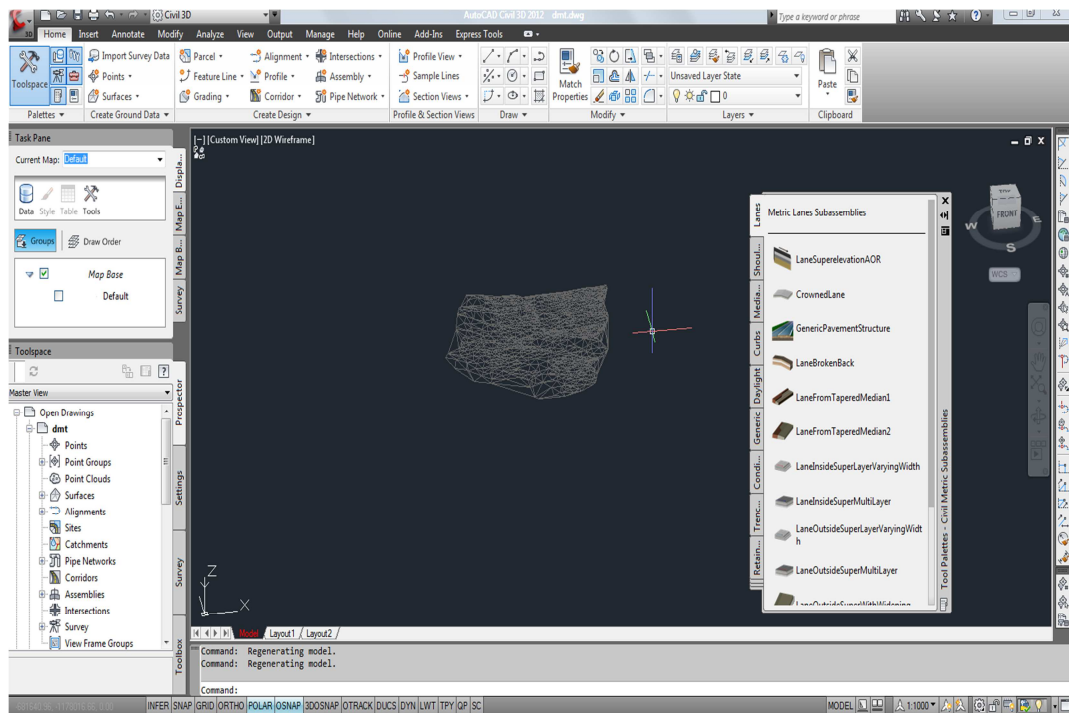
Další rozdíly práce v programu CIVIL 3D oproti klasickému programu AutoCAD jsou především v minimální práci s hladinami. Hladiny zde slouží pro zařazování jednotlivých částí projektu a tím zjednodušily jejich vlastní zobrazování podle potřeby uživatele. Další vlastností programu je tzv. parametrické kreslení, kdy dochází k vykreslování objektů dle definovaných stylů. Tyto objekty jsou inteligentní, spojené vzájemnými vazbami a změny provedené u jednoho objektu se automaticky promítají napříč celým projektem – např. změna trasy vede automaticky k překreslení podélného profilu.

Mezi podporované formáty patří standartní formáty všech produktů Autodesk. CIVIL 3D umí ovšem pracovat i s formáty konkurenčních typů dat jako např. .dgn, .SHP, a dalšími uživatelsky rozšířenými formáty programů.

Program také umožňuje pomocí technologie rozhraní FDO (Feature Data Object) připojení k službám WMS (Web Map Services) a WFS (Web Feature Services) podobně jako u GIS programů.

V rámci programu byl vydán Country Kit pro Českou republiku. Ten programu umožňuje práci přímo se styly, které odpovídají ČSN platným v jednotlivých oborech. [1]

Pro projektování vodohospodářských staveb byla vytvořena tzv. „Vodařská šablona“, která usnadňuje tvorbu vodohospodářských projektů.



Obr. 4.2 Pracovní prostředí Autocad Civil 3D

5. POPIS LOKALITY

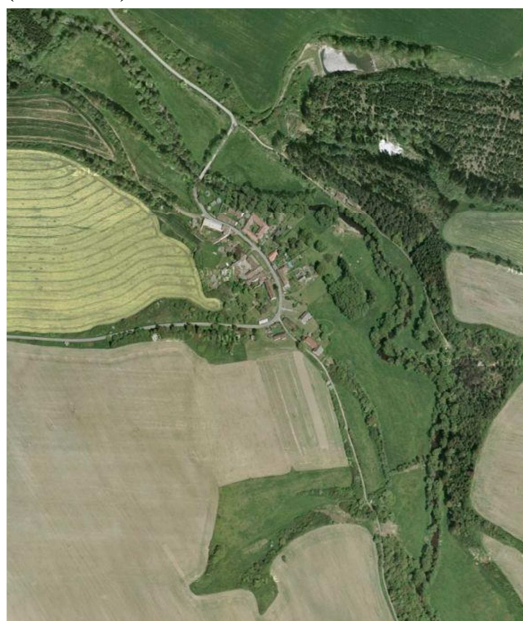
Řeka Moravská Dyje pramení přibližně 4 km jihovýchodně od obce Třešť v nadmořské výšce 653 m n. m. Na území České republiky protéká krajem Vysočina a Jihočeským krajem, dále teče přes státní hranici do Rakouska, kde po soutoku s Rakouskou Dyjí vzniká Dyje. Délka toku je 68,2 km, plocha povodí je 630 km². Protéká obcemi Urbanov, Žatec, Radkov, Slaviboř, Dačice, Janov, Nové Hobzí, Modletice, Písečné, pod kterou opouští území České republiky.



Obr. 5.1 Mapa ČR s umístěním obce Modletice

5.1 Popis upravovaného úseku

Zájmová lokalita se nachází v blízkosti obce Modletice. Obec Modletice leží v okrese Jindřichův Hradec v Jihočeském kraji. Nachází se 1,5 km severně od obce Písečná, leží na pravém břehu Moravské Dyje a má přibližně 130 obyvatel. Úprava bude provedena na úseku přibližně 1,4 km dlouhém, jeho začátek a konec je patrný z (Obr. 5.3)



Obr. 5.2 Letecká mapa vybraného úseku



Obr. 5.3 Mapa vybraného úseku

6. POPIS POTŘEBNÝCH DAT

6.1 Vstupní data

6.1.1 Data pro tvorbu DMT

Data pro tvorbu DMT jsou ve formě textového souboru, ve formátu CXYZ. Kde C znamená třídu a XYZ souřadnice. Třídou se rozumí příslušnost bodu k dané třídě: (1) Default, (2) Ground, (4) Low vegetation, (5) High vegetation. Data jsou v souřadnicovém systému S-JTSK. Bylo potřeba vyfiltrovat nepotřebné třídy bodů viz.(Obr. 6.1) a získat pouze body třídy Ground viz.(Obr. 6.2). Vyfiltrování bodů bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel. Takto vyfiltrované body je už možné použít pro tvorbu digitálního modelu terénu.

Pro potřeby této bakalářské práce by bylo vhodnější mít data už přímo vyfiltrována, čili jenom body vyznačující terén. Filtrace bodů na požadovaný formát nebyla složitá, ale z důvodu velkého množství bodů, řádově miliónů byla časově náročná.

C	X	Y	Z	C	X	Y	Z
5	-683805.000	-1179264.560	474.900	2	-683485.260	-1178933.270	452.650
2	-683804.550	-1179264.730	474.670	2	-683485.270	-1178935.120	452.440
1	-683803.510	-1179264.170	477.010	2	-683485.280	-1178932.660	452.740
5	-683803.300	-1179264.670	475.700	2	-683485.280	-1178936.360	452.280
4	-683802.810	-1179264.810	475.610	2	-683485.320	-1178931.410	452.910

Obr.6.1 Ukázka vstupních dat

Obr. 6.2 Ukázka vyfiltrovaných dat

6.1.2 Hydrologická, hydraulická data

Hydrologické údaje byly převzaty z webu ČHMÚ z nejbližšího hlásného profilu na toku Moravská Dyje. Jedná se o hlásný profil č 354, stanice Janov.

Data průtoků se dají získat dvěma způsoby, z webu Povodí Moravy a nebo z webu ČHMÚ, hodnoty průtoků udávané v hlásných profilech se v těchto případech mírně liší. V této práci byly použity hodnoty udávané ČHMÚ, které by měly být aktuálnější. [7]

Ovšem v hlásném profilu není uveden průtok 20-leté vody. Tento průtok byl tedy orientačně stanoven z grafu známých průtoků po proložení křivky na přibližnou hodnotu 81,0 m³/s. Bylo také přihlédnuto k průtoku 20-leté vody udávaném v hlásném profilu na webu Povodí Moravy. [9]

Ideální by bylo si vyžádat data přímo na ČHMÚ nebo Povodí Moravy, která by byla aktuálnější a přesnější, ale pro potřeby této práce budou tato volně dostupná data postačující.

Hlásný profil č. 354

Tok:	Moravská Dyje	Průměrný roční stav:	65 cm
Kraj:	Jihočeský kraj	Průměrný roční průtok:	2,63 m ³ /s
Stanice:	Janov	Nula vodočtu	439,86 m n.m.
Obec:	Staré Hobzí	Staničení:	261,00km

Číslo hydrologického pořadí: 4-14-01-056

6.1 Tabulka N-letých průtoků [8],

N- leté průtoky:	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
(m ³ /s)	21,5	47,0	61,5	81,0	103,0	125,0

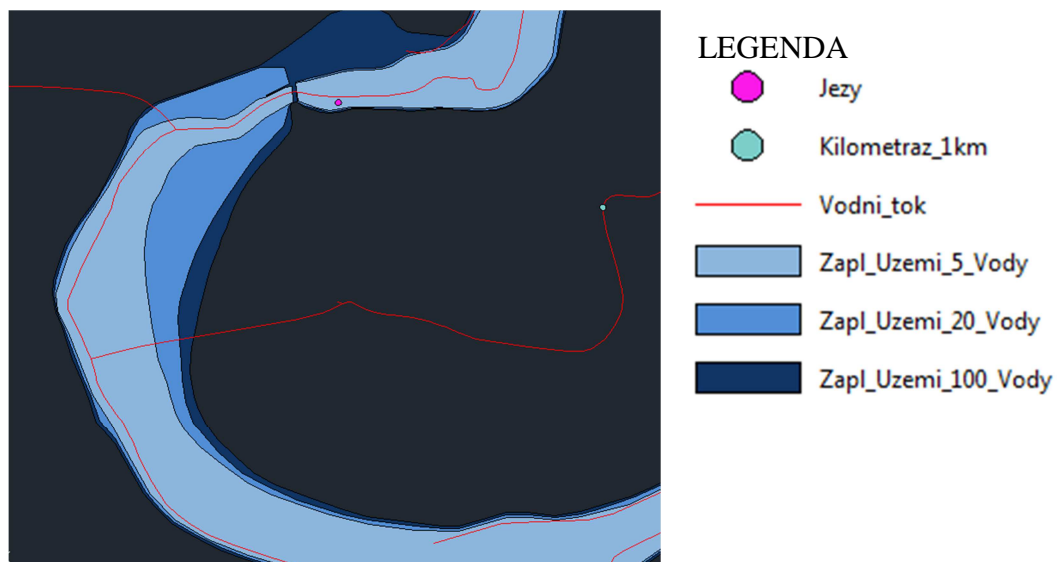
6.2 Tabulka průtoků a hladin [8],

Průtok (m ³ /s)	4,27	6,26	14,7	19,8	30,6
Výška hladiny (m)	74	89	150	180	220

6.1.3 Data DIBAVOD

Digitální Báze Vodohospodářských Dat (DIBAVOD) je referenční geografická databáze s vodohospodářským zaměřením. Vybrané datové vrstvy jsou poskytovány zdarma ke stažení na webových stránkách ve formátu ESRI shapefile (.shp). Tyto soubory lze snadno otevřít v Autocadu CIVIL 3D a jde s nimi dále pracovat.

Pro potřeby této práce byly staženy vrstvy vodních toků, kilometrů vodních toků, záplavová území pěti, dvaceti a stoleté vody a objekty na tocích.



Obr. 6.3 Ukázka dat DIBAVOD

7. POPIS POSTUPU PRÁCE

V programu Autocad CIVIL 3D pracujeme s tzv. „Vodařskou šablonu“, která je primárně určená pro různé vodohospodářské projekty. Ze vstupních textových dat byl vytvořen digitální model terénu. Pod tento terén byla podložena ortofoto mapa a vloženy vrstvy .SHP (záplavová území pro N-leté vody, vodní toky). Následně byla vytvořena osa toku a položeny stopy příčných profilů na model DMT a tím byly získány jejich nadmořské výšky. Tato osa toku s příčnými profily byla vyexportována do programu HEC-RAS ve formátu geometrických dat. V programu HEC-RAS byly tyto data otevřeny, provedeny úpravy profilů, zadání drsností, zadání objektů, zadání okrajových podmínek a byl proveden výpočet. Následně byl proveden export vypočtených dat z programu HEC-RAS a import dat do programu Autocad CIVIL 3D, (viz. Obr. 7.1).



Následně bylo provedeno vygenerování podélného profilu a všech příčných profilů a jejich úprava na požadované zobrazení a doplnění dalších potřebných hladin a hodnot, a úplně na konec se provedlo rozložení těchto profilů na jednotlivé entity a finální doladění pozic a připravení pro tisk.

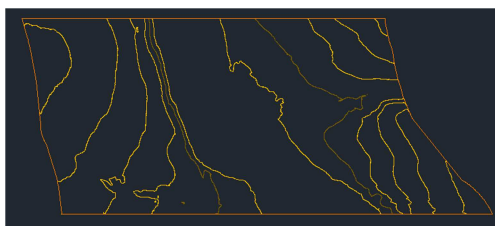


Obr.7.1 Schéma používání programů

7.1 Postup práce



7.1.1 Postup vytvoření DMT

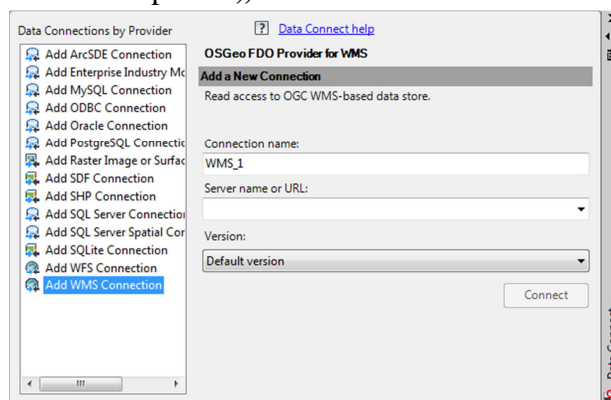
- Máme-li vstupní data v textovém souboru je potřeba aby byla ve formátu např. XYZ nebo PXYZ, kde XYZ jsou souřadnice a P označení typu bodů. Vytvoření DMT se provede přímo ze vstupního souboru. Rozklikneme záložku „**Pracovní prostor**“, klikneme pravým tlačítkem na ikonu  povrchu a zvolíme „**Vytvořit povrch**“.
- V otevřeném okně zvolíme typ povrchu (TIN, Grid), zadáme název, popis a způsob vykreslení povrchu a potvrdíme.
- Nyní musíme určit vstupní soubor s daty. V záložce „**Pracovní prostor**“ rozklikneme vytvořený povrch, rozklikneme „**Definice**“, pravým tlačítkem klikneme na „**Soubor bodů**“ a dáme „**Přidat**“.
- V otevřeném okně klikneme na ikonu  a vybereme jeden nebo více souborů bodů. Program soubory načte a musíme si zvolit si formát dat dle formátu vstupního souboru a potvrdíme, poté se objeví vytvořený povrch (Obr. 7.2).



Obr.7.2 Ukázka vytvořeného DMT

7.1.2 Postup připojení WMS serverů

- Pokud se chceme připojit k WMS mapovým serverům zadáme příkaz „**MAWPSPACE**“, otevře se záložka pro práci s připojenými soubory.
- Klikneme na ikonu  a zvolíme možnost připojit data. V otevřeném okně (Obr 7.3) se nám  zobrazí seznam možných připojení, zvolíme poslední z nich „**Přidat WMS připojení**“, zvolíme si název připojení, zadáme adresu WMS serveru a klikneme na „**Připojit**“. Do otevřeného okna nevyplňujeme nic a dáme pouze „**Přihlásit se**“





Obr. 7.3 Okno pro připojení WMS serverů

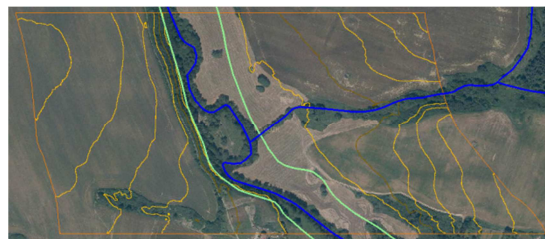
- V otevřeném okně zatrhneme vrstvy, které chceme připojit a zvolíme souřadný systém, v našem případě S-JTSK. Je důležité zvolit stejný souřadnicový systém jaký má i DMT. Nakonec klikneme na „Vložit do mapy“.



Obr.7.4 Ukázka připojené Ortofoto mapy



7.1.3 Postup připojení souborů .SHP

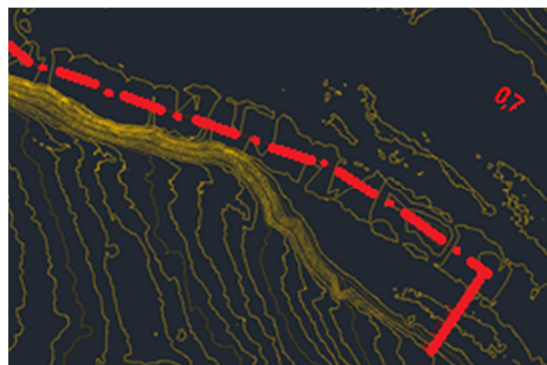
- Postup připojení souborů .shp je obdobný jako postup připojení k WMS serverům. Příkazem „MAPWSPACE“ otevřeme záložku, ve které zvolíme možnost přidat SHP připojení.
- Po zvolení názvu vrstvy si můžeme vybrat z dvou možností připojení. První je připojení pouze jednoho souboru, pomocí ikony , druhou je možnost připojení složky se soubory a to pomocí druhé ikony . Po vybrání souborů klikneme na „Připojit“.
- V otevřeném okně zatrhneme vrstvy, které chceme připojit a klikneme na „Vložit do mapy“.



Obr. 7.5 Ukázka vložených .shp vrstev vodní toků(modře) a záplavových území (zeleně)



7.1.4. Postup vytvoření trasy toku

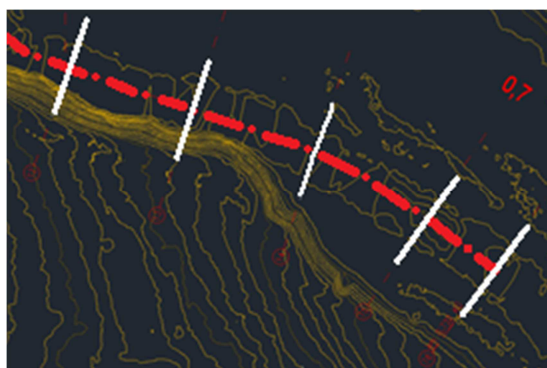
- Pro vytvoření osy toku klikneme na ikonu  „Trasa“ umístěnou v horním pásu nástroje a zvolíme možnost „Nástroje pro vytvoření trasy“
- V otevřeném okně si zvolíme název trasy, typ, styl, jaké údaje se mají na vytvořené ose zobrazovat a dáme „OK“
- Otevře se editor trasy, první ikona zleva  umožňuje vytvoření trasy s oblouky nebo bez oblouků, vybereme jednu z možností, vytvoříme trasu dle potřeby a ukončíme klávesou „enter“. V našem případě osa kopírovala osu toku z DIBAVODU. Další ikony slouží k úpravě trasy, zjištění lomových bodů atd.



Obr. 7.6 Ukázka vytvořené osy toku


7.1.5 Postup vytvoření příčných profilů

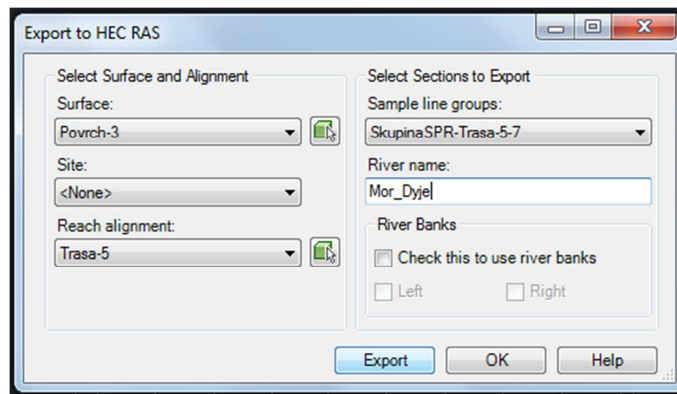
- Pro vytvoření příčných profilů musíme mít navrhnoutou trasu toku, klikneme na ikonu  „**Stopy příčných řezů**“ umístěnou v horním pásu nástrojů a označíme danou trasu toku.
- V otevřeném okně zadáme název, styl zobrazení, terén a dáme „**OK**“, zobrazí se nám panel „**Nástroje stop příčných řezů**“, zde pomocí ikony  můžeme vložit řezy postupně v libovolném staničení, nebo najednou podle rozsahu staničení, po vložení řezů stiskneme enter a řezy se vykreslí a popíšíou (Obr. 7.7).
- U takto vytvořených řezů lze editovat jejich umístění, šířku, počet, lze řezy přidávat a odebírat.



Obr. 7.7 Ukázka vytvořených příčných řezů

7.1.6 Export z programu Autocad CIVIL 3D

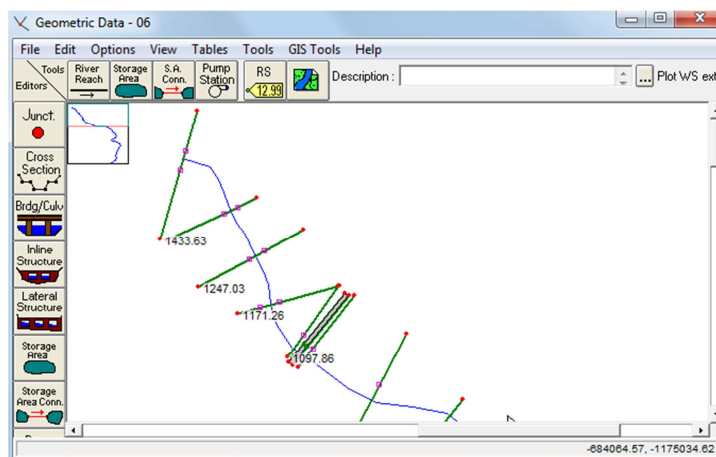
- Máme-li vytvořený povrch, navrhnoutou trasu toku a vytvořené příčné profily, můžeme provést export dat do aplikace HEC-RAS.
- Pro export dat rozklikneme záložku „**Výstup**“ v horním panelu a klikneme na ikonu  „**Export do aplikace HEC-RAS**“.
- V otevřeném okně zvolíme povrch, trasu a skupinu příčných profilu a dáme „**Export**“, v otevřeném okně zvolíme místo uložení souboru.



Obr. 7.8 Okno pro export geometrických dat do programu HEC-RAS

7.1.7 Import do program HEC-RAS

- Otevřeme program HEC-RAS, založíme nový projekt, otevřeme záložku „**Geometric data**“, dáme File -> Import Geometry Data -> GIS Format, vybereme soubor a dáme „**OK**“.
- V otevřeném okně zvolíme jednotky a dáme „**Finished-Import Data**“, po úspěšném importu se objeví osa toku a příčné profily (Obr. 7.8)



Obr. 7.9 Ukázka geometrických dat importovaných do programu HEC-RAS

7.1.8 Postup práce v programu HEC-RAS

- Po importu je potřeba provést pár úprav před vlastním výpočtem. Pokud jsou profily vytvořeny z mnoha bodů je, potřeba body vyfiltrovat na menší množství. Vyfiltrování provedeme v okně „**Geometric Data**“ v záložce Tools -> Cross Sections Points Filter, kde si zvolíme potřebné profily a počet bodů, na které mají být vyfiltrovány. V našem případě se provedlo vyfiltrování původních cca. 250 bodů u každého profilu, na 100 bodů
- Dále je potřeba zadat u každého profilu dané součinitele drsnosti koryta, toto můžeme provést hromadně pro všechny profily v okně „**Geometric Data**“ v záložce Tables -> Manning's n or k values, v otevřeném okně zvolíme profily a klikneme na Set Values a zadáme požadovanou hodnotu. Nebo můžeme tyto součinitele zadat pro každý profil různé dle potřeby.

- Nyní se zadají objekty na toku (mosty, jezy, propustky), zvolí okrajové podmínky pro výpočet a požadované hodnoty N-letých průtoků a následuje výpočet

River Station	Frictn (n/k)	n #1	n #2	n #3
1 1433.63	n	0.05	0.04	0.05
2 1322.56	n	0.05	0.04	0.05
3 1247.03	n	0.05	0.04	0.05
4 1171.26	n	0.05	0.04	0.05
5 1097.86	n	0.04	0.05	
6 1091.85	n	0.04	0.05	
7 1004.051	Bridge			
8 1084.85	n	0.04	0.05	
9 1076.4	n	0.04	0.05	
10 962.43	n	0.05	0.04	0.05
11 844.7	n	0.05	0.04	0.06
12 856.71	n	0.05	0.04	0.06
13 524.15	n	0.05	0.04	0.05
14 394.24	n	0.05	0.04	0.05
15 344.01	n	0.05	0.04	0.06
16 277.91	n	0.05	0.04	0.06
17 185.48	n	0.05	0.04	0.05
18 100	n	0.05	0.04	0.05
19 0	n	0.06	0.04	0.05

Obr. 7.10 Tabulka pro zadávání drsností

7.1.9 Export z programu HEC-RAS

- Export hydraulických výsledků z HEC-RASU provedeme v hlavním okně pomocí File -> Export GIS Data, v otevřeném okně zvolíme místo uložení souboru, dále je potřeba označit možnost „**Water Surface Extents**“, což jsou vypočtené rozlivy vody. Pomocí tlačítka „**Select Profiles to Export**“, vybereme, pro které průtoky chceme data vyexportovat a dáme „**Export Data**“ (Obr. 7.11).

GIS Export

Export File:

Reaches and Storage Areas to Export

Reaches (1/1)

Storage Areas (0/0)

Results Export Options

☒ Water Surfaces ☒ Water Surface Extents

Profiles to Export: P2, P3, PF 4

Flow Distribution (only averaged LOB, Chan and ROB values available) ☐ Velocity ☐ Shear Stress ☐ Stream Power ☐ Ice Thickness (where available)

Geometry Data Export Options

☒ River (Stream) Centerlines

Cross Section Surface Lines

☐ User Defined Cross Sections (all XS's except Interpolated XS's)

☐ Interpolated Cross Sections


☒ Entire Cross Section ☐ Channel only

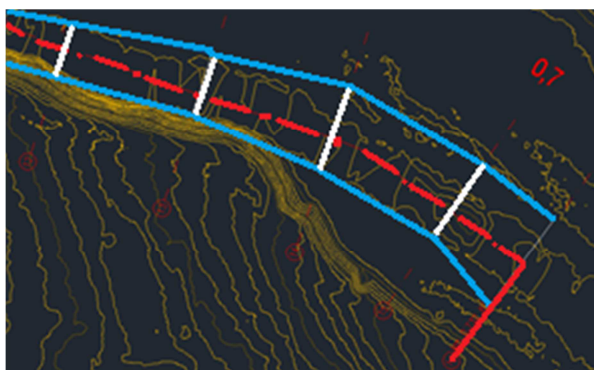
Additional Properties

☐ Reach Lengths ☐ Bank Stations (improves velocity, ice, shear and power mapping) ☐ Levees ☐ Ineffective Areas ☐ Blocked Obstructions ☐ Manning's n

Obr. 7.11 Okno pro export dat z programu HEC-RAS


7.1.10 Import do Autocad CIVIL 3D

- Po provedení úprav a výpočtů v aplikaci HEC-RAS můžeme tyto výstupy naimportovat zpět do programu Autocad CIVIL 3D.
- Rozklikneme záložku „Vložit“, rozbálíme panel „Import“ a klikneme na ikonu  „Import z aplikace HEC-RAS“.
- V otevřeném okně nic neměníme, pouze určíme vkládaný soubor a dáme „Import“, import proběhne a vyskočí nové okno o oznámení úspěšného importu a pouze potvrdíme.
- Zobrazí se nám osa toku a v daných profilech vzdálenost rozlivu na obě strany, tyto rozlivy pospojujeme křivkou a máme přibližné celkové rozlivy.





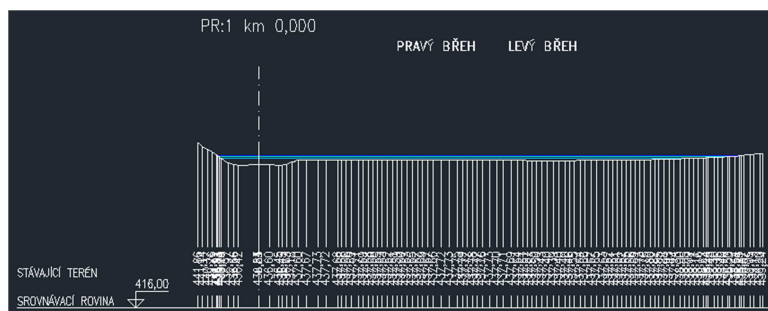
Obr. 7.12 Ukázka importovaných rozlivů

7.1.11 Vytvoření povrchu hladin

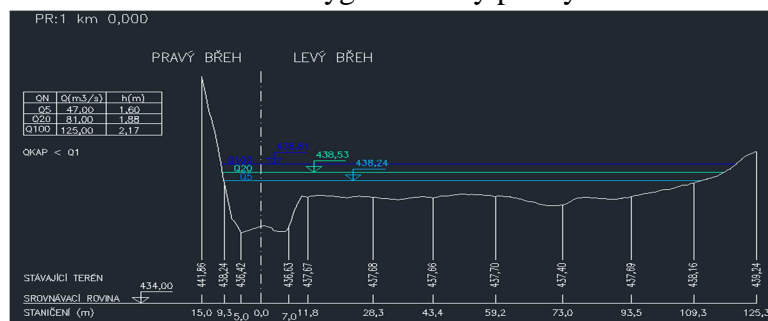
- Aby se výšky rozlivů promítly do podélného a příčných profilů je potřeba z každého z nich vytvořit samostatný povrch.
- V záložce „Pracovní prostor“ klikneme pravým tlačítkem na ikonu  povrchu a zvolíme „Vytvořit povrch“
- V otevřeném okně zvolíme typ povrchu (TIN, Grid), zadáme název, popis a způsob vykreslení povrchu a potvrdíme.
- Nyní musíme určit vstupní soubor s daty. V záložce „Pracovní prostor“ rozklikneme vytvořený povrch, rozklikneme „Definice“, pravým tlačítkem klikneme na „Výkresové objekty“ a dáme „Přidat“.
- V otevřeném okně zvolíme jako typ objektu úsečky a potvrdíme.

7.1.12 Vytvoření zobrazení příčných řezů

- Chceme-li vytvořit zobrazení příčných řezů, musíme mít navrženou osu toku, umístění příčných profilů, vytvořený povrch terénu a vytvořeny povrchy hladin. Vytvoření se provede pomocí ikony  „Profil“ a možnosti „Vytvořit profil povrchu“ mít tento profil vytvořený.
 - V panelu „Zobrazení profilu a příčného řezu“ klikneme na ikonu  „Zobrazení příčný řezů“ a zvolíme první možnost „Vytvořit více pohledů“
 - V otevřeném okně zvolíme trasu osy toku a dané příčné profily, zvolíme možnosti zobrazení, povrchy které se mají v profilech zobrazit a zobrazované popisky.
 - Po vybrání požadovaných možností zvolíme „Vytvořit zobrazení příčných řezů“ a určíme bod vložení.
 - Vytvořené profily nemusí vždy být v požadovaném zobrazení, pokud je potřeba provést změny, provede se to v panelu „Upravit“, pomocí „Vlastnosti stop příčný řezů“ a nebo „Upravit styl stop příčných řezů“
 - V našem případě byla provedena změna výškového měřítka pro lepší viditelnost zobrazení, redukce četnosti výškových kót, označení a okótování hladin (viz. Obr. 7.13 a Obr. 7.14)
 - Poté je možné jednotlivé příčné profily rozložit pomocí příkazu „Rozložit“ do jednotlivých entit, které jsou samostatné, a dají se editovat dle potřeby.
- Ovšem rozložením profilu dochází k odloučení jeho vazby k situaci a podélnému profilu, proto je potřeba rozložení provádět až tehdy, když už nebudeme nic měnit.




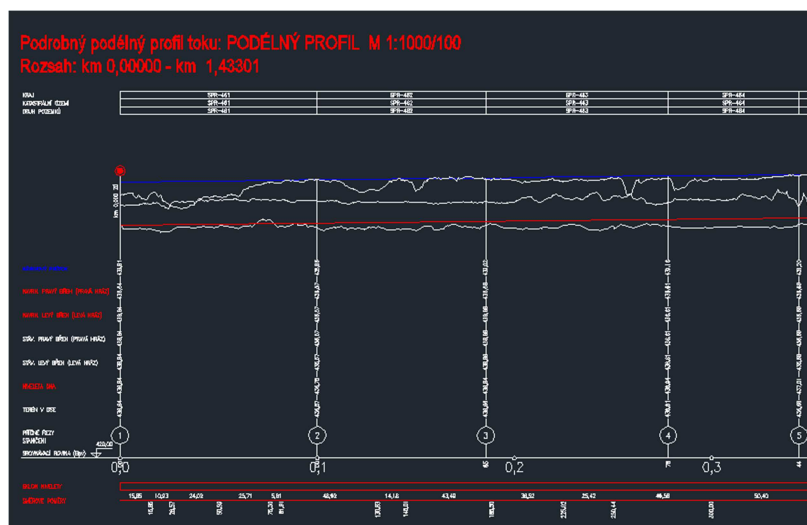
Obr. 7.13 Vygenerovaný příčný řez



Obr. 7.14 Upravený příčný řez




7.1.13 Vytvoření zobrazení podélného profilu

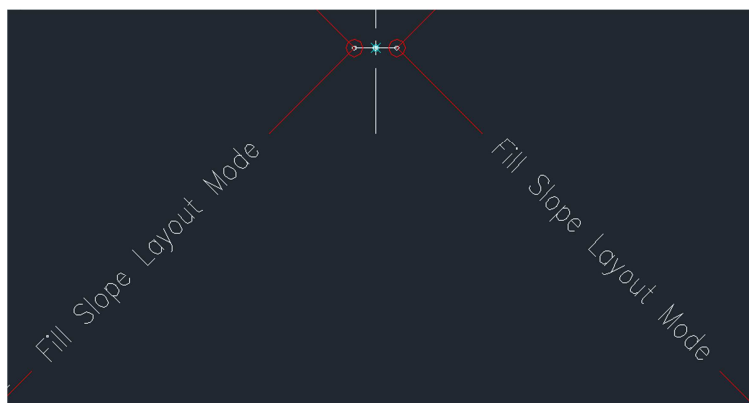
- Vytvoření zobrazení podélného profilu provedeme v panelu „**Zobrazení profilu a příčného řezu**“ pomocí ikony  „**Zobrazení profilu**“, zvolíme možnost „**Vytvořit zobrazení profilu**“.
- V otevřeném okně zvolíme trasu, kterou chceme zobrazit, styl zobrazení, počátek, konec, dáme „**Vytvořit zobrazení profilu**“ a vložíme na požadované místo.
- Takto vložený profil je také potřeba upravit do požadované finální podoby, obdobně jako u zobrazení příčných profilů
- Pokud chceme do zobrazení podélného profilu přidat další zobrazení povrchů, např. stávající břehy, musíme si pro ně vynést jejich hranu, což je jejich trasa. Postupujeme stejně jako v (Kap.7.1.4) a vyneseme hrany břehů.
- Pro tyto hrany si musíme vytvořit profil povrchu, obdobně jako tomu bylo u osy koryta. Pro tyto hrany je potřeba vytvořit samostatné zobrazení profilu.
- Z takto vytvořeného zobrazení je možnost spojovat tyto profily, čili přidávat hrany do jednoho profilu. V záložce „**Profil**“ zvolením možnosti „**Vytvořit překrytý profil**“.
- Označíme terén v zobrazení profilu, který chceme vložit do profilu jiného a poté označíme profil, do kterého jej chceme vložit. Otevřené okno potvrdíme „OK“.



Obr. 7.15 Ukázka zobrazení podélného profilu


7.1.14 Vytvoření šablony typických řezů

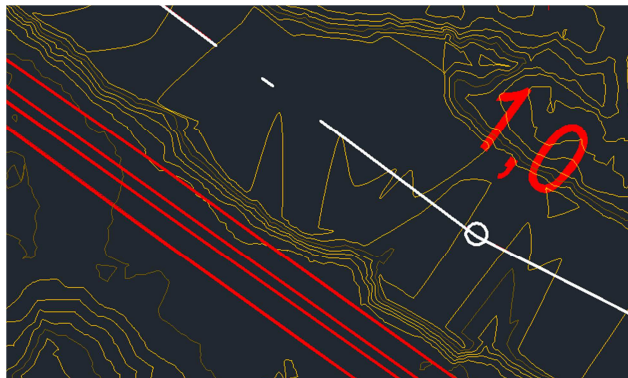
- Jelikož není v dostupné nabídce šablona podsestavy typických řezů pro hráze, je potřeba si vytvořit svojí vlastní.
- Pro vytvoření vzorové šablony klikneme na ikonu  „Šablona typických řezů“ a zvolíme možnost „Vytvořit šablonu typických řezů“
- V otevřeném okně zvolíme název a dáme „OK“, poté označíme bod vložení. Vytvoří se svislá osa příčného profilu, do které se bude vytvářet šablona.
- Poté klikneme na ikonu v záložce „Palety“, otevře se nám okno pro vkládání a tvorbu šablon. Přejdeme na záložku „Základní“.
- Klikneme na ikonu  „Shape Trapezodial“, která slouží k vytvoření koruny hráze. V otevřeném okně zvolíme potřebné parametry, stranu vložení a šířku, poté klikneme na osu ve výkrese a koruna se vykreslí. Je ovšem potřeba vložit korunu hráze na levou i pravou stranu.
- Poté klikneme na ikonu  „BasicSideSlopeCutDitch“, která slouží pro tvorbu svahů, zvolíme potřebné parametry, především sklon svahů a provedeme vložení. Opět je potřeba vložit svah zvlášť pro levou a pravou stranu.
- Z takto vytvořené šablony (Obr 7.16.) lze vykreslit koridor, který se zapracuje do terénu.



Obr.7.16 Jednoduchá šablona hráze



7.1.15 Vytvoření koridoru hráze PPO

- Pro vytvoření koridoru hráze je potřeba mít vytvořenou osu hráze, v našem případě osu hráze PPO, vytvořené její zobrazení a navrženou niveletu koruny hráze.
- Vytvoření koridoru se provede pomocí ikony  „**Koridor**“ výběrem možnosti „**Vytvořit jednoduchý koridor**“.
- Zadáme název koridoru a dáme „**OK**“, následně zvolíme postupně trasu hráze, navrženou niveletu a vzorový příčný řez a dáme enter.
- Vytvoří se koridor, který se přirozeně zapracuje do terénu (Obr. 7.17)



Obr.7.17 Vytvořený koridor (červeně), osa toku (bíle)

7.1.16 Vytvoření povrchu z koridoru a propojení dvou povrchů

- Aby bylo možné vyexportovat geometrická data s navrženou hrází do HEC-RASU, musí se z koridoru vytvořit povrch, který se následně spojí s povrchem stávajícím.
- Klikneme na koridor a v panelu „**Upravit Koridor**“ klikneme na ikonu  „**Povrch koridoru**“, v otevřeném okně pomocí ikony vložíme odkaz na stávající povrch a dáme „**OK**“
- Pokud chceme propojit povrch koridoru s povrchem terénu, je potřeba vytvořit nový povrch terénu a v něm pomocí „**Definice**“ zvolíme ikonu  „**Editovat**“ a možnost „**Vložit povrch**“, toto je potřeba provést pro oba dva povrchy.
- Takto vytvořený povrch lze opět vyexportovat do programu HEC-RAS, kde se provede přepočítání a následně vyexportují nové rozlivy.

8. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Výpočty byly provedeny v 17 profilech na vybraném úseku toku o délce 1,435 km ve vzdálenostech přibližně 90 m od sebe. Umístění jednotlivých profilů je viditelné v podrobné situaci (příloha č.3) a jejich poloha byla zvolena v závislosti na trase koryta ve vhodných místech.

Pro samotný výpočet byl použit program HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System). Výpočet jsme provedli jako ustálené nerovnoměrné proudění, které je založeno na metodě po úsecích. Samotné stanovení hladin je založeno na řešení Bernoulliho rovnice, kde jsou řešeny energetické ztráty místní a ztráty třením. Výpočet je realizován v předem definovaných profilech iteračně metodou po úsecích. V prvním kroku při výpočtu nového profilu program použije hladinu z profilu předcházejícího úseku. Proběhne výpočet, a pokud je výsledná hladina v rozmezí tolerance a pokud je na správné straně od hladiny kritické hloubky je výsledek považován za správný a výpočet probíhá na dalším profilu.

Po importu trasy toku a příčných profilů bylo potřeba zadat N-leté průtoky a okrajovou podmínku. Výpočet byl proveden pro průtoky Q5, Q20 a Q100-leté vody, a jako okrajová podmínka byl zvolen průměrný sklon dna v úseku a režim proudění byl říční. Dále bylo potřeba zadat k jednotlivým profilům součinitele drsnosti n , tyto součinitele byly odhadnuty podle fotodokumentace a porovnávány s fotografickými katalogy drsností a tabulkami drsností pro různé typy koryt a vegetačního doprovodu toku. Hodnoty jsou odlišné pro samotné koryto toku a pro přilehlé záplavové území (viz. Tab. 8.7). Dále byly mezi importované příčné profily interpolovány profily ve vzdálenostech 30 m, a následně provedena úprava drsnostních součinitelů v těchto profilech.

8.1 Posouzení kapacity současného koryta

Výpočty pro jednotlivé N-leté průtoky vypočtené v programu HEC-RAS, byly shrnuty do následujících tabulek.

Posouzení kapacity pro průtok $Q_1 = 21,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.1)

Tab. 8.1 Tabulka výpočtu pro průtok Q_1

Staničení	Průtok	Levý břeh	Pravý břeh	Hladina	Vybřežení LB	Vybřežení PB
(km)	(m^3/s)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m n. m.)	(-)	(-)
1.433	21.5	439.35	439.77	439.29	NE	NE
1.322	21.5	439.30	439.37	439.11	NE	NE
1.247	21.5	439.27	439.19	439.05	NE	NE
1.171	21.5	439.30	438.75	439.01	NE	ANO
1.097	21.5	438.97	440.68	438.96	NE	NE
1.084	21.5	440.55	440.40	438.94	NE	NE
1.076	21.5	439.06	440.54	438.92	NE	NE
0.962	21.5	438.67	439.40	438.88	ANO	NE
0.844	21.5	439.92	438.77	438.84	NE	ANO
0.656	21.5	438.49	438.68	438.61	ANO	NE
0.524	21.5	438.36	438.42	438.49	ANO	ANO
0.394	21.5	438.33	438.32	438.25	NE	NE
0.344	21.5	440.62	437.96	438.18	NE	ANO
0.277	21.5	440.55	437.66	438.13	NE	ANO
0.185	21.5	437.68	437.75	438.05	ANO	ANO
0.100	21.5	437.97	437.71	438.02	ANO	ANO
0.000	21.5	437.74	439.91	437.96	ANO	NE

Z těchto výsledků je patrné, že stávající koryto v posuzovaném úseku není v některých profilech kapacitní ani na průtok Q_1 . Je tomu tak hlavně v profilech na konci úseku, ve kterých dochází k rozlivům vody do neobydlených území, polí a lesů. Tyto rozlivy neohrožují veřejný ani soukromý majetek a jsou neškodné.

Posouzení kapacity pro průtok $Q_5 = 47,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.2)

Tab. 8.2 Tabulka výpočtu pro průtok Q_5

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n. m.)	Pravý břeh (m n. m.)	Hladina (m n. m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	47.0	439.35	439.77	439.72	ANO	NE
1.322	47.0	439.30	439.37	439.51	ANO	ANO
1.247	47.0	439.27	439.19	439.41	ANO	ANO
1.171	47.0	439.30	438.75	439.34	ANO	ANO
1.097	47.0	438.97	440.68	439.28	ANO	NE
1.084	47.0	440.55	440.40	439.20	NE	NE
1.076	47.0	439.06	440.54	439.22	ANO	NE
0.962	47.0	438.67	439.40	439.14	ANO	NE
0.844	47.0	439.92	438.77	439.07	NE	ANO
0.656	47.0	438.49	438.68	438.85	ANO	ANO
0.524	47.0	438.36	438.42	438.69	ANO	ANO
0.394	47.0	438.33	438.32	438.56	ANO	ANO
0.344	47.0	440.62	437.96	438.51	NE	ANO
0.277	47.0	440.55	437.66	438.47	NE	ANO
0.185	47.0	437.68	437.75	438.37	ANO	ANO
0.100	47.0	437.97	437.71	438.32	ANO	ANO
0.000	47.0	437.74	439.91	438.24	ANO	NE

Posouzení kapacity pro průtok $Q_{10} = 61,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.3)

Tab. 8.3 Tabulka výpočtu pro průtok Q_{10}

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n. m.)	Pravý břeh (m n. m.)	Hladina (m n. m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	61.5	439.35	439.77	439.89	ANO	ANO
1.322	61.5	439.30	439.37	439.67	ANO	ANO
1.247	61.5	439.27	439.19	439.56	ANO	ANO
1.171	61.5	439.30	438.75	439.50	ANO	ANO
1.097	61.5	438.97	440.68	439.44	ANO	NE
1.084	61.5	440.55	440.40	439.32	NE	NE
1.076	61.5	439.06	440.54	439.36	ANO	NE
0.962	61.5	438.67	439.40	439.27	ANO	NE
0.844	61.5	439.92	438.77	439.18	NE	ANO
0.656	61.5	438.49	438.68	438.97	ANO	ANO
0.524	61.5	438.36	438.42	438.81	ANO	ANO
0.394	61.5	438.33	438.32	438.70	ANO	ANO
0.344	61.5	440.62	437.96	438.66	NE	ANO
0.277	61.5	440.55	437.66	438.61	NE	ANO
0.185	61.5	437.68	437.75	438.51	ANO	ANO
0.100	61.5	437.97	437.71	438.45	ANO	ANO
0.000	61.5	437.74	439.91	438.37	ANO	NE

Posouzení kapacity pro průtok $Q_{20} = 81,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.4)

Tab. 8.4 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{20}

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n.m.)	Pravý břeh (m n.m.)	Hladina (m n.m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	81.0	439.35	439.77	440.07	ANO	ANO
1.322	81.0	439.30	439.37	439.85	ANO	ANO
1.247	81.0	439.27	439.19	439.75	ANO	ANO
1.171	81.0	439.30	438.75	439.69	ANO	ANO
1.097	81.0	438.97	440.68	439.64	ANO	NE
1.084	81.0	440.55	440.40	439.45	NE	NE
1.076	81.0	439.06	440.54	439.53	ANO	NE
0.962	81.0	438.67	439.40	439.42	ANO	ANO
0.844	81.0	439.92	438.77	439.33	NE	ANO
0.656	81.0	438.49	438.68	439.11	ANO	ANO
0.524	81.0	438.36	438.42	438.97	ANO	ANO
0.394	81.0	438.33	438.32	438.87	ANO	ANO
0.344	81.0	440.62	437.96	438.82	NE	ANO
0.277	81.0	440.55	437.66	438.78	NE	ANO
0.185	81.0	437.68	437.75	438.67	ANO	ANO
0.100	81.0	437.97	437.71	438.61	ANO	ANO
0.000	81.0	437.74	439.91	438.53	ANO	NE

Posouzení kapacity pro průtok $Q_{50} = 103,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.5)

Tab. 8.5 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{50}

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n. m.)	Pravý břeh (m n. m.)	Hladina (m n. m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	103.0	439.35	439.77	440.23	ANO	ANO
1.322	103.0	439.30	439.37	440.04	ANO	ANO
1.247	103.0	439.27	439.19	439.95	ANO	ANO
1.171	103.0	439.30	438.75	439.89	ANO	ANO
1.097	103.0	438.97	440.68	439.84	ANO	NE
1.084	103.0	440.55	440.40	439.56	NE	NE
1.076	103.0	439.06	440.54	439.68	ANO	NE
0.962	103.0	438.67	439.40	439.57	ANO	ANO
0.844	103.0	439.92	438.77	439.47	NE	ANO
0.656	103.0	438.49	438.68	439.26	ANO	ANO
0.524	103.0	438.36	438.42	439.12	ANO	ANO
0.394	103.0	438.33	438.32	439.04	ANO	ANO
0.344	103.0	440.62	437.96	438.99	NE	ANO
0.277	103.0	440.55	437.66	438.95	NE	ANO
0.185	103.0	437.68	437.75	438.83	ANO	ANO
0.100	103.0	437.97	437.71	438.77	ANO	ANO
0.000	103.0	437.74	439.91	438.68	ANO	NE

Posouzení kapacity pro průtok $Q_{100} = 125,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.6)

Tab. 8.6 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{100}

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n. m.)	Pravý břeh (m n. m.)	Hladina (m n. m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	125.0	439.35	439.77	440.39	ANO	ANO
1.322	125.0	439.30	439.37	440.22	ANO	ANO
1.247	125.0	439.27	439.19	440.13	ANO	ANO
1.171	125.0	439.30	438.75	440.08	ANO	ANO
1.097	125.0	438.97	440.68	440.03	ANO	NE
1.084	125.0	440.55	440.40	439.66	NE	NE
1.076	125.0	439.06	440.54	439.83	ANO	NE
0.962	125.0	438.67	439.40	439.71	ANO	ANO
0.844	125.0	439.92	438.77	439.60	NE	ANO
0.656	125.0	438.49	438.68	439.41	ANO	ANO
0.524	125.0	438.36	438.42	439.27	ANO	ANO
0.394	125.0	438.33	438.32	439.19	ANO	ANO
0.344	125.0	440.62	437.96	439.15	NE	ANO
0.277	125.0	440.55	437.66	439.10	NE	ANO
0.185	125.0	437.68	437.75	438.97	ANO	ANO
0.100	125.0	437.97	437.71	438.91	ANO	ANO
0.000	125.0	437.74	439.91	438.81	ANO	NE

Posouzení kapacity stávajícího koryta $Q=1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tab. 8.7)

Tab. 8.7 Výpočet kapacity stávajícího koryta

Staničení (km)	Průtok (m^3/s)	Levý břeh (m n. m.)	Pravý břeh (m n. m.)	Hladina (m n. m.)	Vybřežení LB (-)	Vybřežení PB (-)
1.433	1.8	439.35	439.77	438.34	NE	NE
1.322	1.8	439.30	439.37	438.11	NE	NE
1.247	1.8	439.27	439.19	438.02	NE	NE
1.171	1.8	439.30	438.75	437.98	NE	NE
1.097	1.8	438.97	440.68	437.94	NE	NE
1.084	1.8	440.55	440.40	437.94	NE	NE
1.076	1.8	439.06	440.54	437.93	NE	NE
0.962	1.8	438.67	439.40	437.86	NE	NE
0.844	1.8	439.92	438.77	437.84	NE	NE
0.656	1.8	438.49	438.68	437.78	NE	NE
0.524	1.8	438.36	438.42	437.71	NE	NE
0.394	1.8	438.33	438.32	437.67	NE	NE
0.344	1.8	440.62	437.96	437.66	NE	NE
0.277	1.8	440.55	437.66	437.66	NE	NE
0.185	1.8	437.68	437.75	437.66	NE	NE
0.100	1.8	437.97	437.71	437.66	NE	NE
0.000	1.8	437.74	439.91	437.58	NE	NE

Při průtocích Q_5 a větších (Tab. 8.2-8.5) už dochází k poměrně velkým rozlivům po obou stranách toku, ve většině případů dojde k rozlivům do neobydlených částí a polí, kde voda nezpůsobí relativně žádné škody. Ovšem mezi profily 8 a 10 na 0,656 km až 0,962 km se na pravém břehu nachází zastavěné území, které je těmito rozlivy zasaženo. V profilu 12 na 1,084 km je umístěn most silnice III třídy, mostní profil je kapacitní na průtok Q_{100} , pouze na levém břehu dojde k zatopení příjezdové cesty k mostu.

Stávající koryto je zcela nekapacitní, jeho kapacita byla stanovena na průtok $Q=1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, který je přibližně 10 krát menší, než průtok 1-letý. Je tomu tak hlavně v profilech níže po toku, u kterých dochází k minimálním rozlivům na okolní pole, která jsou pod úrovní břehů koryta. Tyto rozlivy nezasahují do zastavěného území a tudíž neohrožují žádné průmyslové ani obytné budovy.

8.2 Stanovení hodnot součinitele drsnosti

Pro výpočet bylo potřeba zadat k jednotlivým profilům jejich součinitele drsnosti n . Tyto součinitele byly přibližně odhadnuty porovnáním fotodokumentace (příloha č.1) s foto katalogy drsností a zároveň tabulkami drsností, dle různých typů koryt a vegetačního doprovodu toku. Drsnosti byly voleny zvlášť pro samotné koryto a zvlášť pro prostory levého a pravého břehu (viz. Tab. 8.8). Koryto toku bylo podle tabulek a foto katalogů přibližně určeno jako rovinný tok s zakřivenou trasou s tůňemi a brody. Inundační území je např. v úseku 0,654 km až 0,844 km zarostlé keři a stromy a v úseku 0,000 km až 0,185 km zarostlé plevelem a řídce keři.

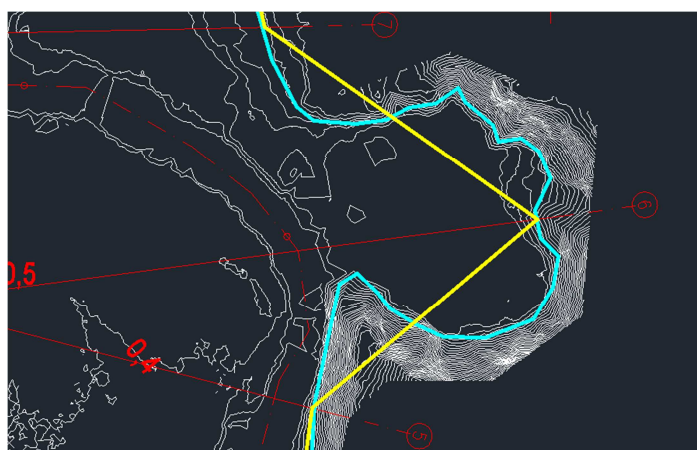
Tab. 8.8 Součinitele drsnosti v profilech

Staničení	n	n	n
(km)	Levý břeh	Koryto	Pravý břeh
1.433	0.05	0.04	0.05
1.322	0.05	0.04	0.05
1.247	0.05	0.04	0.05
1.171	0.05	0.04	0.05
1.097	0.05	0.04	0.04
1.084	0.05	0.04	0.04
1.076	0.05	0.04	0.04
0.962	0.05	0.04	0.05
0.844	0.06	0.04	0.05
0.750	0.06	0.04	0.05
0.656	0.06	0.04	0.05
0.524	0.05	0.04	0.05
0.394	0.05	0.04	0.05
0.344	0.06	0.04	0.05
0.277	0.06	0.04	0.05
0.185	0.05	0.04	0.05
0.100	0.05	0.04	0.05
0.000	0.05	0.04	0.06

8.3 Stanovení rozlivů

Výpočet rozlivů a jejich import do CIVILU 3D byl proveden pro průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} -leté vody, abychom je mohli porovnat s rozlivy ze vstupních dat DIBAVOD, které byly k dispozici právě v těchto průtocích. Jelikož vyexportovaných příčných profilů pro výpočet bylo pouze 17, a to z důvodu překrývání jednotlivých profilů, byl terén mezi profily při výpočtu v HEC-RASU značně zjednodušen a nevystihoval úplně přesně jeho skutečný povrch. Po provedení výpočtu a importu rozlivů zpět do CIVILU 3D bylo třeba čáry těchto rozlivů ručně upravit (viz. Obr. 8.1). Úprava byla provedena ručně podle morfologie terénu, byla snaha vést rozlivy mezi jednotlivými profily přibližně po vrstevnici, tak jak by tomu bylo ve skutečnosti.

Vypočtené rozlivy se v některých místech liší od rozlivů ze vstupních dat (viz. Obr. 8.2). Tyto odlišnosti mohou být způsobené mnoha různými faktory, např. použitím jiného výpočtového modelu, odlišným zaměřením terénu, počtu příčných profilů, rozdílné délce výpočtového úseku, jiným zvolením okrajových podmínek pro výpočet a také zvolení součinitelů drsnosti koryta a přilehlých záplavových území. Pro návrh protipovodňové ochrany budeme používat vypočtené rozlivy.



Obr. 8.1 Ukázka rozlivů původních (tlustě žlutě) a upravených (tlustě modře)



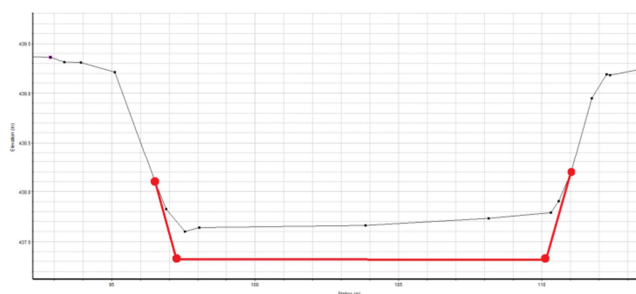
Obr. 8.2 Rozdíly v rozlivech vstupních dat (zeleně tenké) a rozlivech vypočtených (zeleně tlustě)

8.4 Návrh úpravy

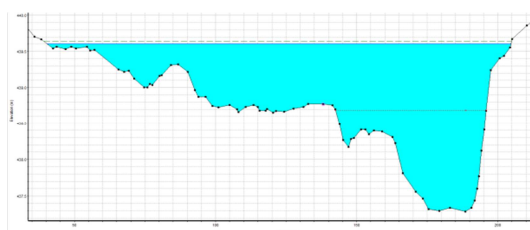
Současný stav ochrany na tomto úseku je menší než na 100-letou vodu. Navrhovaná úprava toku bude tedy provedena na 100-letou vodu, $Q_{100} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$. Typ úpravy bude vybrán podle účinnosti jednotlivých typů a možnosti jejich realizace v této lokalitě.

8.4.1 Prohloubení koryta

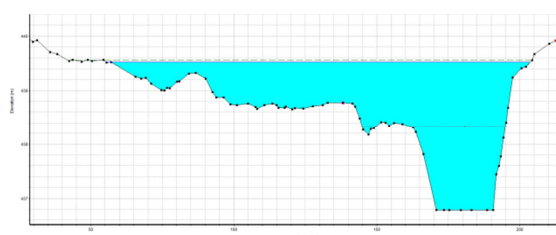
Jednou z možností zkapacitnění koryta je prohloubení dna koryta, a tím zvětšení jeho průtočné plochy. Úprava byla provedena v příčných profilech v programu HEC-RAS, úprava spočívala ve snížení dna koryta o 0,5 m (viz. Obr. 8.3), tato úprava se provedla ve všech příčných profilech. Po provedení výpočtu se provedlo porovnání rozlivů u původních profilů a u profilů se sníženým dnem. Snížením dna došlo ke snížení hladin v profilech v rozmezích 0,1-0,15 m. Tento pokles hladin se minimálně promítl do plošných rozlivů (viz. Obr. 8.4 a Obr. 8.5). Tato úprava není pro tento úsek příliš vhodná, větší snížení dna by bylo neekonomické a bylo by potřeba stabilizovat břehy, což by vedlo navíc ještě k rozšíření samotného koryta. Jelikož dochází na větší části úseku k rozlivům pouze do polí a lesů, není potřeba mít kapacitní koryto po celé délce úseku, a proto zvolíme jinou možnost úpravy, a nebo kombinaci různých možností.



Obr. 8.3 Prohloubení koryta o 0,5 m v příčném profilu



Obr. 8.4 Hladina Q_{100} v původním korytě

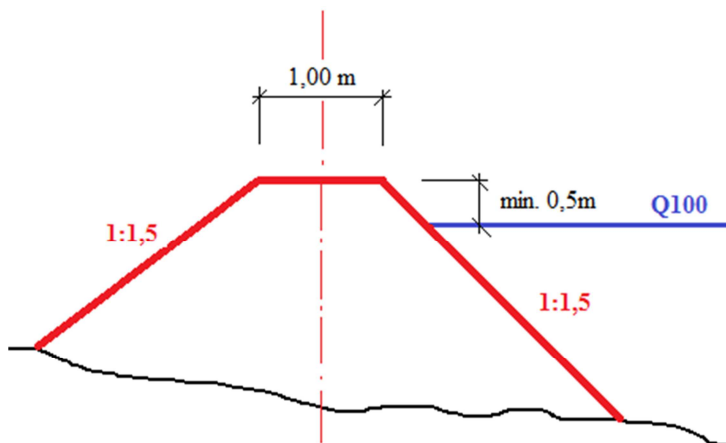


Obr. 8.5 Hladina Q_{100} ve vyhloubeném korytě

8.4.2 Ochranná zemní hráz

Další z možností úpravy je vybudování ochranné zemní hráze pouze v místě, kde rozliv zasahuje do zastavěného území. Hráz bude zemní homogenní, nepojízdná se šířkou v koruně 1 m a se sklony svahů 1:1,5 (Obr. 8.6). Bude navržena na průtok Q_{100} s bezpečnostním převýšením minimálně 0,5 m. Z důvodu velké blízkosti jedné z budov u břehu koryta, musela být zvolena malá šířka hráze a šikmé sklony.

Umístění hráze je patrné z (přílohy č.7), její trasa vede kolem zastavěného území, které je zaplavováno při průtoku 20 a 100-leté vody. Hráz bude 370 m dlouhá a začíná na 0,657 km a končí na 1,062 km. Tato možnost ochrany byla vybrána pro tuto práci, jedná se ale pouze o teoretický návrh. S ohledem na rozsah chráněného území a nákladů na vybudování PPO by bylo nutné zvážit realizaci tohoto PPO. Pravděpodobně by byl navržen menší rozsah PPO než je uveden v této práci, zaleželo by hlavně na kontextu nákladů a ochráněného území.



Obr. 8.6 Schéma zemní hráze PPO

9. ZHODNOCENÍ PROGRAMU AUTOCAD CIVIL 3D

Velkou výhodou programu Autocad CIVIL 3D je, že spojuje mezi uživateli poměrně známé 2D rozhraní klasického Autocadu s rozhraním CIVIL 3D. Proto je tedy znalost práce v klasickém Autocadu v počátcích práce v Autocadu CIVIL 3D, poměrně výhodnou. Pracovní prostředí je poměrně totožné s prostředím klasického Autocadu, je zde navíc záložka pro práci s objekty ve výkrese, pro práci s připojenými externími soubory a WMS servery a pro vytváření vzorových příčných řezů.

Jako první bylo provedeno vytvoření digitálního modelu terénu, ten lze vytvořit z mnoha různých typů vstupních dat. V tomto případě byl terén vytvořen přímo z textových souborů, které obsahovaly informace o bodech, body v souboru je potřeba mít v jednom z požadovaných formátů a v podobě jaké potřebujeme. V našem případě byla provedena filtrace nepotřebných bodů (viz. Kap.6.1.1). U vytvořeného terénu lze snadno měnit jeho zobrazení nebo vstupní soubory. Malou nevýhodou je, pokud máme terén vytvořený z mračna bodů. Takový terén je sice velmi podrobný a znázorňuje každý detail, ale značně zatěžuje operační systém, prodlužuje práci a při uložení výkresu má takový soubor značnou velikost.

Připojování vrstev jako .shp, .dng, vkládání rastrů a obrázků a jejich následná editace je velmi jednoduchá. Snadno lze měnit jejich barvy, výplně, styly zobrazení a vzájemné polohy jednotlivých vrstev. Možnost, která mi zde chybí, je možnost průhlednosti těchto souborů, která je pro práci s více vrstvami a v následných výstupech poměrně přínosná. Pokud chceme tyto vrstvy zprůhlednit, musíme je převést do souboru, se kterým lze pracovat jako s hladinou. Připojení WMS serverů je také velmi snadné, malou nevýhodou je ruční nastavování souřadného systému u každé jednotlivé připojené vrstvy, hlavně u serverů s mnoha vrstvami. Větší počet připojených WMS serverů v kombinaci s vytvořeným DMT, zatěžuje paměť ještě více což se negativně projeví při práci v rozvržení a tisku. Proto je vhodné vypínat zobrazení nepotřebných vrstev, nebo zobrazení DMT.

Bylo provedeno vytyčení osy koryta, umístění se volilo podle zobrazení digitálního modelu terénu, připojených map a vrstvy vodního toku. Primárně se ovšem řídilo umístění osy toku podle DMT, protože se s ním bude dále pracovat. Samotné zobrazení toku v mapách a ve vrstvách .shp bylo ve výsledku mírně odlišné od navrhnuté trasy. Do vytvořené osy toku lze vkládat oblouky a snadno editovat její tvar a délku. Na takto vytvořenou osu je možné umístit v libovolných místech stopy příčných řezů, lze snadno měnit jejich umístění, délku, lze je přidávat a odebírat. Ovšem pokud omylem odstraníme řídící osu těchto stop, porušíme vazby, které jsou mezi těmito objekty a je potřeba vytvořit úplně novou osu toku a nové stopy příčných řezů. Pro takto vykreslenou osu toku lze sejmut její profil terénu a je možné vytvořit zobrazení podélného profilu a příčných řezů. S vytvářením je dobré počkat, a vytvořit jej až po provedení výpočtu v programu HEC-RAS a exportu rozlivů zpět do CIVILU 3D. Vytvořené povrchy hladin totiž nelze přidávat do již vytvořených zobrazení podélných a příčných profilů. Export a následný import dat do HEC-RASU je snadný, po provedení výpočtu a Importu dat zpět do CIVILU 3D

musíme z těchto výšek hladin vytvořit povrchy a sejmut pro ně profil terénu. Po vytvoření zobrazení podélného a příčných profilů se v nich zobrazí jak povrch, tak i výšky hladin. Vhodnější by bylo, kdyby byla možnost přidávat do již vytvořených zobrazení příčných profilů další vrstvy terénu a nemuset při každé změně vytvářet toto zobrazení znova.

Samotné vykreslení příčných profilů je přizpůsobeno pro určitý druh profilu a terénu. U příliš podrobného terénu se zobrazí značné množství svislic s hodnotami nadmořských výšek, které je potřeba zredukovat tak, aby se nepřekrývaly a nebo je umístit tam kde potřebujeme. Měřítka je nastaveno pro délkové a výškové zobrazení jednotné. Pro lepší viditelnost hladin a profilu koryta bylo v našem případě přenastaveno, dále byly dodány kóty výšky hladin a různé popisky. Hlavní výhodou je, že zobrazení situace, podélných a příčných profilů je vzájemně provázáno, změny provedeny v jednom z nich se zcela automaticky projeví v ostatních. Je možnost změnit zobrazení těchto profilů z dynamického na statické a tím zabránit jejich provázanosti s ostatními zobrazeními a samozřejmě je možnost tyto zobrazení rozložit a pracovat s nimi jako s jednotlivými částmi.

Pokud chceme navrhovat koryto nové, nebo ochrannou hráz je potřeba mít vytvořenou podsestavu vzorového příčného řezu. Autocad CIVIL 3D obsahuje velké množství vzorových podsestav, které lze použít. Bohužel zde nejsou vytvořeny podsestavy pro vodohospodářské stavby. Vytváření těchto podsestav vzorových příčných řezů je poměrně složité. Pokud se ale nejedná o podrobný řez, lze vzorové příčné řezy vytvořit poměrně snadno. Vytvoří se pouze koruna hráze a na její kraje se umístí prvek pro svah, který se automaticky prodlouží k terénu (Obr. 9.1). Podsestavy je možné vytvořit také z křivek, ale poté je náročné je upravit tak aby se daly použít. Kladem je možnost volby vytváření těchto profilů a lze si z nich vybrat tu, která vám nejvíc vyhovuje.

Po vytvoření podsestavy se navrhne nová osa toku, popřípadě ochranné hráze, pro tuto osu se sejme profil terénu a vykreslí se pro ni podélný profil. Do tohoto profilu je potřeba vytvořit niveletu dna koryta, popřípadě koruny hráze aby bylo možné vytvoření koridoru ze vzorového příčného řezu. Pro vytvoření koridoru je tedy potřeba mít vytvořený vzorový příčný řez, osu toku, vykreslen její podélný profil a mít v něm navrženou niveletu koruny hráze. Z těchto částí se vytvořil koridor hráze, který se přizpůsobí povrchu terénu. Z koridoru se vytvoří nový povrch, který se poté vzájemně propojí s povrchem terénu a vznikne jednotný povrch. Tato možnost je velice praktická, takto vytvořený povrch se může rovnou exportovat do programu HEC-RAS, kde se provede nový výpočet a poté se z HEC-RASU provede import rozlivů.

Na závěr nutno říci, že všechny výstupy jako třeba podélné profily, příčné profily a situace po jejich vykreslení je nutné poměrně značně upravovat do požadované podoby. Je ovšem možnost si upravit vlastní zobrazení těchto profilů. CIVIL 3D umožňuje vytvoření podélného a příčných profilu libovolného zobrazení s libovolnými kótami a popisy. Vytvoříme-li si takové zobrazení, vykreslení profilů v požadovaném formátu bude v budoucnu otázkou minuty.

10. ZÁVĚR

Na vybraném úseku toku Moravská Dyje od 261,0 km do 263,39 km byla provedena úprava toku. Pomocí programu HEC-RAS byly stanoveny rozlivy Q100, Q20 a Q5-ti leté vody. Tyto rozlivy byly vyneseny do situace a porovnány s rozlivy z databáze DIBAVOD. Vypočtené rozlivy se v některých místech mírně lišily od rozlivů z databáze, především tam, kde je složitý a členitý terén. Mohlo tomu tak být z důvodů, které jsou uvedeny v (Kap. 8.3). Tyto rozlivy zasahují do obydlených oblastí a proto jsme přistoupili k návrhu protipovodňového opatření. Jako první byla zjištěna stávající kapacita koryta ve zvolených 17 profilech. Výpočtem se zjistilo, že stávající koryto není kapacitní v některých profilech ani na Q1-letý průtok viz.(Kap. 8.1) Jako první teoretický návrh úpravy bylo zvoleno prohloubení koryta viz. (Kap. 8.4.1), která se nejevila jako optimální. Koryto by muselo být prohloubeno o poměrně velkou hloubku, aby došlo k zmenšení rozlivů, a proto se zvolil návrh jiný, a to konkrétně zemní hráz, která by vedla okolo zastavěné oblasti viz. (Kap. 8.4.2.) Tato lokální ochrana byla zvolena i proto, že v oblastech rozlivů se většinou nacházejí pole nebo lesy, zastavěné území je pouze mezi profily 8-11. Ve výsledku je tedy navrženo PPO, které chrání přilehlá území obce Modletice na 100-letý průtok. Je možné dále navázat studii, ve které by se zpřesnil výpočet, která by se zaměřila podrobněji na odlišnosti v rozlivech, na stanovení drsností a na detailní řešení protipovodňové ochrany společně s řešením škod a nákladů na PPO.

K vypracování byl použit program společnosti Autodesk, Autocad CIVIL 3D. Pracovní prostředí je podobné klasickému Autocadu, znalost klasického Autocadu je tedy pro práci v CIVILU výhodou. CIVIL 3D je primárně zaměřen hlavně na dopravní stavby ale je variabilní a jde použít i na vodohospodářské projekty. Pro výpočty se použil program HEC-RAS, do kterého je možné z CIVILU import geometrických dat a také export dat vypočtených.

Hlavní přednost programu Autocadu CIVIL 3D spočívá v práci s digitálním modelem terénu. Práce s tímto modelem terénu jsou ve výsledku mnohem více efektivnější než klasické kreslení ve 2D programech. Komplexní zhodnocení práce v programu se nachází v (Kap.9). Program Autocad CIVIL 3D je použitelný pro projekty úpravy toků a jiné vodohospodářské projekty. Aby bylo dosaženo požadovaných výsledků je potřeba dobré znalosti práce v tomto programu, což souvisí s časovou náročností na pochopení a zvládnutí práce v tomto programu.

11. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Nápověda programu Autodesk CIVIL 3D
- [2] JANDORA, J., ŠULC, J. Hydraulika. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 178 stran. ISBN 80-7204-512-9
- [3] BÖHM, Petr. Studie řešení protipovodňové ochrany části obce Janová na levém břehu Vsetínských Bečvy. Diplomová práce. Brno, 2010. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodních staveb.
- [4] HEC-RAS River Analysis System, Users Manual, version 4.1, January 2010
- [5] PATOČKA, C., Hydraulika, 2. Část. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 261 stran. 3. vydání
- [6] CHOW, Ven Te. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Kogakusha. Tokyo. 680 stran. International student edition. 1959

12. INTERNETOVÉ ZDROJE

- [7] http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_main.php?kat=HLPRF –internetové stránky ústavu ČHMÚ
- [8] http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTab
[Container/P1_0_Home](#) –hlásné profily na stránkách ČHMÚ
- [9] <http://www.pmo.cz/> -internetové stránky Povodí Moravy

13. SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Ukázka tabulky pro stanovení

Maningova drnostního součinitele n .	10
--	----

Tab. 6.1 Tabulka N -letých průtoků	16
---	----

Tab. 6.2 Tabulka průtoků a hladin	16
--	----

Tab. 8.1 Tabulka výpočtu pro průtok Q_1	29
--	----

Tab. 8.2 Tabulka výpočtu pro průtok Q_5	30
--	----

Tab. 8.3 Tabulka výpočtu pro průtok Q_{10}	30
---	----

Tab. 8.4 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{20}	31
---	----

Tab. 8.5 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{50}	31
---	----

Tab. 8.6 Tabulka výpočtů pro průtok Q_{100}	32
--	----

Tab. 8.7 Výpočet kapacity stávajícího koryta	32
---	----

Tab. 8.8 Součinitele drsnosti v profilech	33
--	----

14. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1. Ustálené rovnoměrné proudění	5
Obr. 3.2 Profily o různých drsnostech	7
Obr. 3.3 Složené profily	7
Obr. 3.4 Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění	9
Obr 4.1 Pracovní prostředí programu HEC-RAS	11
Obr. 4.2 Pracovní prostředí Autocad Civil 3D	13
Obr. 5.1 Mapa ČR s umístěním obce Modletice	14
Obr. 5.2 Letecká mapa vybraného úseku	14
Obr. 5.3 Mapa vybraného úseku	14
Obr. 6.1 Ukázka vstupních dat	15
Obr. 6.2 Ukázka vyfiltrovaných dat	15
Obr. 6.3 Ukázka dat DIBAVOD	16
Obr. 7.1 Schéma používání programů	17
Obr. 7.2 Ukázka vytvořeného DMT	18
Obr. 7.3 Okno pro připojení WMS serverů	18
Obr. 7.4 Ukázka připojené Ortofoto mapy	19
Obr. 7.5 Ukázka vložených .shp vrstev vodní toků(modře) a záplavových území (zeleně)	19
Obr. 7.6 Ukázka vytvořené osy toku	19
Obr. 7.7 Ukázka vytvořených příčných řezů	20
Obr. 7.8 Okno pro export geometrických dat do programu HEC-RAS	20
Obr. 7.9 Ukázka geometrických dat importovaných do programu HEC-RAS	21
Obr. 7.10 Tabulka pro zadávání drsností	
Obr. 7.11 Okno pro export dat z programu HEC-RAS	22
Obr. 7.12 Ukázka importovaných rozlivů	23
Obr. 7.13 Vygenerovaný příčný řez	24
Obr. 7.14 Upravený příčný řez	24
Obr. 7.15 Ukázka zobrazení podélného profilu.	25
Obr. 7.16 Jednoduchá šablona hráze	25
Obr. 7.17 Vytvořený koridor (červeně), osa toku (bíle)	
Obr. 8.1 Ukázka rozlivů původních (tlustě žlutě) a upravených (tlustě modře)	34
Obr. 8.2 Rozdíly v rozlivech vstupních dat (zeleně tence) a rozlivech vypočtených (zeleně tlustě)	34
Obr. 8.3 Prohloubení koryta o 0,5 m v příčném profilu	35
Obr. 8.4 Hladina Q_{100} v původním korytě	35
Obr. 8.5 Hladina Q_{100} ve vyhloubeném korytě	35
Obr. 8.6 Schéma zemní hráze PPO	36

SEZNAM PŘÍLOH

1. Fotodokumentace	
2. Přehledná situace	M 1:5000
3. Podrobná situace Rozlivy DIBAVOD	M 1:2000
4. Podrobná situace – Rozlivy vypočtené	M 1:2000
5. Příčné řezy – stávající	M 1:1500/150
6. Podrobný Podélný profil – stávající	M 1:1000/100
7. Podrobná situace-Rozlivy po návrhu PPO	M 1:2000
8. Vzorový příčný řez hrází PPO	M 1:50
9. Příčné řezy – Návrh PPO	M 1:1500/150
10. Podélný profil – Návrh PPO	M 1:1000/100